

Projecte de Fi de Carrera

Grau en enginyeria en tecnologies industrials

**Projecte de rehabilitació de la façana d'un edifici
d'habitatges entre mitgeres**

Memòria

Autor: Laura Puigdelloses Vallcorba

Director: Oscar Alquézar Claramunt

Convocatòria: Juny 2016



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

Aquest projecte consisteix en la definició i càlcul d'una solució constructiva per a la rehabilitació de la façana d'un edifici de Barcelona situat al carrer dels Corders núm. 5.

TRC (Técnicas de rehabilitación i construcción, S.L.) és la empresa destinada en la realització de les obres de reforma.

En aquest treball es detallaran les diferents lesions que presenta la façana amb les seves respectives solucions per aconseguir una rehabilitació d'aquesta completa. Es centra especialment en la substitució d'una biga de fusta en mal estat per una d'acer mitjançant un perfil UPN 240 exterior i un IPN 240 interior. Els diferents càlculs han estat realitzats segons la normativa del Codi Tècnic de Edificació Document Bàsic-Seguretat Estructural de l'Acer (CTE DB-SE-A), d'obligat compliment per a estructures d'acer.

Un dels objectius del Codi Tècnic és proporcionar una guia de càlcul estructural adaptant-lo a la normativa europea ENV o Eurocódigo3 aconseguint d'aquesta forma minimitzar les diferències entre els països membres de la mateixa.

S'ha comprovat que l'estructura d'estudi compleix els requisits d'estabilitat, resistència, funcionalitat i durabilitat, que permeten assegurar un adequat comportament estructural enfront aquelles accions i influències que pot estar sotmesa. El procediment utilitzat per garantir que es compleixen aquests requisits amb una adequada fiabilitat, és el Mètode dels Estats Límit.

S'han utilitzat mètodes de càlcul de la assignatura de Resistència de Materials com el teorema de Navier i Cross. També s'ha fet ús del programa informàtic Estruwin3D que proporciona la universitat i permet el desenvolupament, el disseny i el càlcul de bigues i les diferents formes de visualització dels resultats.

La memòria es completa amb el annex on es troben els plànols de l'edifici d'estudi.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	3
ÍNDIX DE FIGURES	5
ÍNDIX DE TAULES	8
1. INTRODUCCIÓ	9
1.1. Objectius del projecte	9
1.2. Abast del projecte	9
2. DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI OBJECTE D'ESTUDI	10
2.1. Història	10
2.2. Localització de l' edifici	10
2.3. Característiques de l'entorn:.....	11
2.4. Descripció de l'edifici:	11
2.4.1. Lesions detectades	12
3. ANÀLISIS I PROPOSTA DE MESURES CORRECTORES DE LA LESIÓ ESTRUCTURAL DE LA BIGA	17
3.1. Objectiu	17
3.2. Selecció i justificació del material de la biga.....	17
3.2.1. Característiques de l'acer.....	18
3.2.2. Característiques comunes a tots els acers.....	19
3.3. Justificació de la solució adoptada per la biga	20
3.4. Codi Tècnic de l'edificació	20
4. DESCRIPCIÓ DE L'ESTRUCTURA	22
4.1. DB-SE: Seguretat estructural	24
4.1.1. Requisits bàsics de seguretat estructural:.....	24
4.2. DB SE-AE Accions a l'edificació.....	24
4.3. DB SE-F Fàbrica	25
4.4. DB SE-A Instrucció d'acer estructural	26
4.4.1. Mètode de càlcul per al acer amb Estats Límits.....	26
4.4.2. LÍMITS DE DEFORMACIÓ EN L' ACER	26
4.4.3. Coeficients Parcial de Seguretat.	29
5. ACCIONS	30

5.1. Combinació de les accions	30
5.2. Accions que actuen sobre la biga	34
5.2.1. Accions permanents	34
5.2.2. Accions variables. Sobrecàrrega d'ús	36
6. ANÀLISIS BIGA	37
6.1. Característiques geomètriques	37
6.2. Càlcul càrregues que actuen a la biga	39
6.2.1. Càlcul càrregues tram 1	40
6.2.2. Càlcul càrregues tram 2	41
6.2.3. Càlcul càrregues tram 3	42
6.2.4. Resultat final de totes les càrregues a la biga	43
6.3. Mètode de càlcul de moments	44
6.3.1. Càlcul mitjançant resistència de materials	44
6.3.2. Càlcul de moments amb el teorema de Cross	48
6.3.3. Càlcul de moments a partir del programa Estruwin3D	51
6.3.4. Comparació dels resultats obtinguts per Cross amb Estruwin3D	52
6.4. Comprovació del perfil seleccionat	53
6.4.1. Estats límits últims	53
Resistència de la secció	53
6.4.2. Estats límit de Servei	54
7. DESCRIPCIÓ DE LES OBRES A REALITZAR	55
8. PRESSUPOST	62
8.1. Pressupost d'execució material	62
8.2. Estudi Econòmic	65
9. IMPACTE AMBIENTAL	67
CONCLUSIONS	70
AGRAÏMENTS	71
BIBLIOGRAFIA	73

Índex de figures

Figura 1 Emplaçament de l'edifici objecte de l'estudi. Font: elaboració pròpia a partir del plànol de Cadastre. _____	10
Figura 2 Biga de fusta apuntalada. Font: Elaboració pròpia. _____	13
Figura 3 Estat de la biga de fusta extreta. Font: Elaboració pròpia. _____	13
Figura 4 Façana de l'edifici. Font: elaboració pròpia. _____	15
Figura 5 Lesió: Despreniment de l'arrebossat de morter, mal estat de les fusteries. Font: elaboració pròpia. _____	16
Figura 6 Pintures vandàliques a la porta d'accés a l'edifici. Font: elaboració pròpia. ____	16
Figura 7 Despreniment de l'arrebossat de calç de l'últim pis. Font: elaboració pròpia. ____	16
Figura 8 Exemple comportament anisotròpic de la fibra en la fusta. Font: Llibre de les propietats dels materials i elements de construcció. Autor: Ramón Sastre. _____	18
Figura 9 Imatge de coberta i badalot. Font: diccionari visual de la construcció [15] ____	22
Figura 10 Imatge de forjat de biguetes. Font: diccionari visual de la construcció [15] ____	23
Figura 11 Imatge obra de fàbrica de maó i pedra. Font: diccionari visual de la construcció [15] _____	23
Figura 12 Imatge dels diferents tipus de maons. Font: diccionari visual de la construcció [15] _____	23
Figura 13 Representació de les diferents fletxes. Imatge extreta del capítol 10 article 67 del CTE SB-SE-A _____	27
Figura 14 Esquema de deformació horitzontal. _____	28
Figura 15 Perfil de la biga i representada en 3D. Font: Elaboració pròpia mitjançant el programari Solidworks. _____	37
Figura 16 Característiques d'un perfil IPN 240. Font: [13]. _____	37
Figura 17 Característiques d'un perfil UPN 240. Font: [13] _____	38

Figura 18 Representació de com s'ha dividit l'edifici per al càlcul de càrregues. Font: elaboració pròpia mitjançant Autocad.	39
Figura 19 Representació de les càrregues que actuen en cada tram. Font: Estruwin 3D.	43
Figura 20 Representació dels trams de la biga.	45
Figura 21 Representació conveni de signes. Font: elaboració pròpia.	49
Figura 22 Representació diagrama de Cross.	50
Figura 23 Representació diagrama de Moments. Estruwin3D.	51
Figura 24 Representació diagrama Tallants. Estruwin3D.	52
Figura 25 Explicació Hipòtesis de Navier. Font: Prismàtic UPC.	53
Figura 26 Representació de la deformada vertical. Estruwin3D.	54
Figura 27 Moment en que s'està extraient la biga de fusta. Font: elaboració pròpia.	55
Figura 28 Fotografia on es mostra el mal estat de la biga de fusta. Font: elaboració pròpia.	55
Figura 29 Perfil IPN i Perfil UPN utilitzat. Font: elaboració pròpia.	56
Figura 30 Col·locació de les seccions de la biga. Font: elaboració pròpia.	56
Figura 31 Col·locació de la biga (1r part). Font: elaboració pròpia.	56
Figura 32 Biga completament introduïda. Font: elaboració pròpia.	56
Figura 33 Imatge final de la biga. Font: elaboració pròpia.	57
Figura 34 Estat inicial del parament de pedra. Font: elaboració pròpia.	57
Figura 35 Estat final del parament de pedra. Font: elaboració pròpia.	58
Figura 36 Estat final del parament estucat. Font: elaboració pròpia.	59
Figura 37 Estat inicial de l'arrebossat de calc. Font: elaboració pròpia.	59
Figura 39 Estat inicial els emmarcats i fusteries. Font: elaboració pròpia.	59
Figura 38 Estat final dels emmarcats. Font: elaboració pròpia.	59

Figura 40 Estat final de l'obertura. Font: elaboració pròpia.	60
Figura 41 Estat inicial de l'obertura. Font: elaboració pròpia.	60
Figura 42 Imatge explicativa del reforç del balco amb tirants d'acer. Font: elaboració pròpia.	61
Figura 43 Forma més senzilla mitjançant cartel·les. Font: elaboració pròpia.	61
Figura 44 Imatge explicativa de com es reforçarà la biga.	61
Figura 45 Imatge d'un tac normal i un tac químic.	61
Figura 46. Diagrama pressupost del projecte.	64
Figura 47 Diferencia dels pressupost inicial amb el final.	65

Índex de Taules

Taula 1 Superfícies plantes de l'edifici. _____	11
Taula 2 Percentatges dels elements que constitueixen els acers no aliats. _____	19
Taula 3 Elements que formen els acers aliats. _____	19
Taula 4 Deformacions verticals de l'acer màximes per estat límit de servei (DB SE-A). _	28
Taula 5 Taula de deformacions horitzontals de l'acer (DB-SE-A). _____	29
Taula 6 Coeficients parcials de seguretat (DB-SE-A). _____	29
Taula 7 Coeficients parcials de seguretat per a les accions (DB-SE). _____	31
Taula 8 Elaboració pròpia a partir de la taula coeficients de simultaneïtat (DB-SE). ____	31
Taula 9 Pes específic aparent dels materials de construcció. Font: elaboració a partir de la taula de (DB-SE-AE). _____	34
Taula 10 Valors dels elements estructurals de la coberta plana superior. _____	35
Taula 11 Valors dels elements estructurals dels habitatges. _____	35
Taula 12 Valor dels elements estructurals de les lloses del balco. _____	36
Taula 13 Valor dels paraments. _____	36
Taula 14 Valors característics de les sobrecàrregues d'ús. (DB-SE-AE). _____	36
Taula 15 Diferències dels valors obtinguts per Cross i Estruwin3D. _____	52
Taula 16 Taules dels costos de la Rehabilitació. _____	64
Taula 17 Taula de cost de la redacció. _____	64
Taula 18 Causes i solucions del control del consum de recursos. _____	67
Taula 19 Causes i solucions de la reducció de les emissions de contaminants. _____	68
Taula 20 Causes i solucions en la gestió dels residus. _____	69

1. Introducció

1.1. Objectius del projecte

Amb aquest projecte es pretén posar en pràctica, ampliar i perfeccionar els coneixements rebuts durant el grau. Especialment en la branca d'Estructures i Construcció.

La rehabilitació ha anat adquirint un gran protagonisme durant les últimes dècades principalment perquè els seus projectes requereixen d'un menor temps de desenvolupament que si es realitza l'obra des de l'inici. També degut a un gran recolzament per part del govern en quan a la optimització de recursos materials i polítiques d'estalvi energètic.

El principal objectiu del projecte consisteix en recuperar l'estat original de l'edifici, mantenint la memòria local mitjançant l'aplicació de tècniques de rehabilitació combinant la utilització de tècniques de construcció tradicionals (com per exemple en les fusteries, la utilització del morter amb poc impacte visual...) amb tècniques modernes (construcció amb acers i materials avançats...).

1.2. Abast del projecte

És pretén fer un estudi inicial de les diferents lesions que es troben en la façana per proposar una solució per cadascuna d'elles. El projecte es centra en l'estudi de la lesió principal que presenta l'edifici consistent en una biga de fusta sense secció resistent. Es realitzaran els càlculs necessaris per comprovar la validesa de la solució proposada mitjançant la utilització del Codi Tècnic de la Edificació.

Des d'un primer moment es coneix el nou perfil de biga a substituir (UPN 240 exterior i IPN 240 interior), ja que, abans de contractar l'empresa TRC per a la realització del procés de rehabilitació de la façana, l'ajuntament va sol·licitar un estudi extern al observar que cada vegada les esquerdes en la zona del balcó eren més grans, el qual va determinar que la biga que suportava el balcó estava en mal estat i va exigir la seva substitució, degut a que podria ser perillós per els usuaris de l'edifici i el vianants.

2. Descripció de l'edifici objecte d'estudi

2.1. Història

El primer registre que es coneix d'aquest edifici data de l'any 1900. Aquesta època es caracteritza per l'aparició de dos moviments socioculturals molt representatius que van marcar la ciutat de Barcelona: El Modernisme i el Noucentisme.

El Modernisme és un moviment que engloba totes les arts, la pintura, l'escultura, la literatura, les arts gràfiques i decoratives i, finalment i el que més ens interessa per al present projecte, l'arquitectura.

Els edificis modernistes tendeixen a ser molt decoratius, asimètrics i detallistes. Amb aquest moviment sorgeixen elements decoratius amb gran riquesa: mosaics, esmalts, mobles, vidrieres, teixits, etc. S'utilitzen diverses tècniques artístiques i artesanals recuperades d'altres temps en front la industrialització massiva sorgida de la revolució industrial. Aquesta actitud en l'art porta a que qualsevol objecte d'ús quotidià esdevingui un objecte artístic.

Pel que fa al Noucentisme, és un retorn a la racionalitat i al classicisme.

L'aparició del Modernisme coincideix amb l'expansió econòmica i cultural de Barcelona que, al 1900, tenia 544.000 habitants. [1]

2.2. Localització de l'edifici

L'Edifici està situat al Carrer dels Corders núm.5, correspon al barri gòtic de Barcelona (CP 08003). Té com a coordenades UTM: X:431.406, Y:4.581.863, FUS 31T.

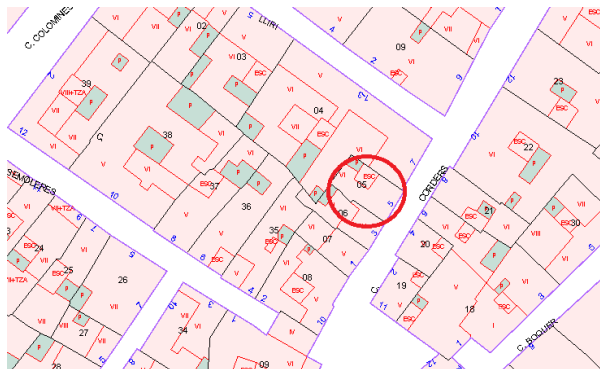


Figura 1 Emplaçament de l'edifici objecte de l'estudi. Font: elaboració pròpia a partir del plànol de Cadastre.

2.3. Característiques de l'entorn:

L'edifici es troba al barri gòtic, un dels nuclis més antics de la ciutat. L'estructura del barri es va conservar gaire bé intacte fins al segle XIX, després d'enderrocar les antigues muralles medievals i transformar els cementiris parroquials en places públiques.

L'estil gòtic, és un estil arquitectònic i decoratiu que va aparèixer al segle XII i es caracteritza per ser ornamental i amb detalls molt treballats i realistes. No busca altures desmesurades, iguala dimensions d'amplada i d'altura.

A la hora de rehabilitar la façana s'ha d'aconseguir mantenir aquest estil que caracteritza el barri ja que així ho determina l'ajuntament. S'intentarà recupera la façana de l'edifici original.[2]

2.4. Descripció de l'edifici:

Es tracta d'un edifici format per una planta baixa on hi ha un local comercial, i 5 pisos d'habitatge.

Dades generals:

- Superfície total de sòl: 44,00 m².
- Superfície construïda total: 256,00 m²
- Amplada de l'edifici: 4,65 m.
- Profunditat de 8,70 m.

Superfície construïda	
Zona	m2
Comerç PB	34
P1	37
P2	37
P3	37
P4	37
P5	37
Elements comuns	37
Total	256

Taula 1 Superfícies construïdes per plantes de l'edifici.

L'edifici presenta una coberta plana transitable. El seu ús és exclusiu dels propietaris o propietàries del cinquè pis, en el qual hi ha l'únic accés a aquesta zona.

A la part posterior de l'edifici hi ha un petit pati de ventilació, el qual comunica amb l'escala i les cuines dels habitatges. Les seves mides són: 2,20 m x 1,20 m.

La façana de la planta baixa i el primer pis està constituïda amb pedra de Montjuïc mentre que els pisos restants, tenen un acabat amb arrebossat de morter de calç, sense ornaments.

Cada planta presenta una balconera i una finestra. Totes elles emmarcades per una línia a 0,25m dels marcs d'aquestes.

Per la disposició i mesura dels forats, de les quatre plantes superiors es pot distingir un eix de composició diferent al de la planta baixa i primer pis. Aquesta diferència es deguda a que inicialment, era un edifici de dos plantes i en fases posteriors, es van construir les altres plantes restants. Es pot observar que, a partir de la primera planta les finestres van disminuint lleugerament a mesura que es va pujant. Passa el mateix amb la volada i l'amplada dels balcons.

La cornisa de l'edifici està feta de maons i per sobre de la qual tenim el mur de la barana del terrat. El desguàs de la coberta es fa per una bonera que treu l'aigua per un baixant que transcorre per l'exterior de la façana des de la cornisa fins a l'alçada del sostre de la planta baixa, per on s'amaga pel interior de la paret fins a les clavegueres.

La planta baixa té un local d'ús comercial, té una amplada de 4,87 m i la porta d'accés als pisos és de 0,76 m d'amplada. La part superior de la porta té un acabat arrebossat (no de pedra) fet que permet suposar que originalment era una finestra de ventilació.

Totes les fusteries de la façana de cadascun dels pisos semblen originals excepte l'últim pis que té unes fusteries d'alumini amb persianes i caixó exterior d'alumini blanc. Per el seu estat sembla que s'hagin posat recentment. La resta de pisos tenen les fusteries de fusta i alguns tenen persianes enrotllades i d'altres no en tenen de cap tipus. Tant les fusteries com les persianes d'aquests pisos són de colors dispars.

El cablejat de les instal·lacions de telefonia, televisió i d'alarmes de seguretat estan engrapats en la façana de forma que queden visibles, mantenint les distàncies de separació segons normativa vigent.

2.4.1. Lesions detectades

S'han efectuat varies visites a l'edifici, per tal d'obtenir informació per redactar el present projecte; una primera visita es va realitzar el 15 de febrer per tal d'avaluar i recollir informació per determinar les causes dels processos patològics i elaborar la diagnosi.

Fitxa patològica 1- Biga de fusta.

- **Tipus de lesió:** Biga de fusta en mal estat.
- **Situació:** La biga es troba a sobre del local d'ús comercial, i sota el balcó del primer pis de l'edifici. Aquesta biga suporta el pes de tota la façana permeten l'accés al local.
- **Descripció de la lesió:** La biga de fusta es troba en molt mal estat, està podrida i presenta signes de debilitament ja que s'aprecien moviments de la llosa del balcó i de la pedra de la primera planta. Aquests moviments cada vegada eren mes grans i es va procedir a canviar la biga immediatament ja que el balcó estava apunt de caure. Van haver d'apuntalar la biga per precaució abans d'iniciar els treballs.
- **Causes:** Deteriorament de la fusta com a conseqüència de la manca de manteniment. El registre de l'edifici data del 1900, en aquests anys la fusta s'ha anat podrint i debilitant. Quan es va treure la biga de fusta es va observar que la secció resistent havia disminuït considerablement. De fet, va ser molt senzilla de treure, no va suposar cap mena de esforç, es va treure a cops de martell i mitjançant una serra.
- **Intervencions o actuacions:** Substituir la biga de fusta per una d'acer. Un cop extreta la biga de fusta, es col·locarà la nova biga en tres fases. Es dividirà la biga d'acer en tres parts i es col·locarà seqüencialment de dreta a esquerra, i per acabar es soldaran les tres parts.

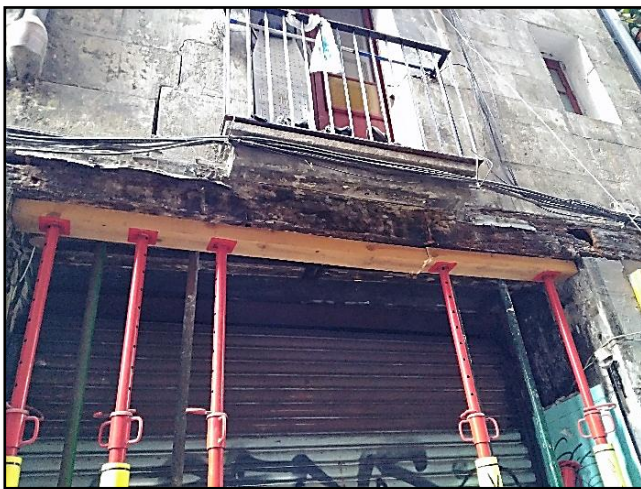


Figura 2 Biga de fusta apuntalada. Font: Elaboració pròpia.



Figura 3 Estat de la biga de fusta extreta. Font: Elaboració pròpia.

Fitxa patològica 2- Desperfectes en els acabats de façana.

- **Tipus de lesions:** Despreniment de peces de façana, fusteries en mal estat, falta de rejuntat, esquerdes i pintades.
- **Situació:**
 1. Els desprendiments es troben en tota la façana, a la planta baixa en la pedra i a la resta de plantes en l'arrebossat de calç.
 2. Fusteries en mal estat de conservació en totes les obertures de façana.
 3. La falta de rejuntat es troba en les lloses dels balcons.
 4. Les esquerdes (>3 mm) es poden observar en tota la façana però les més destacades es troben en el parament de pedra a prop del balcó de la primera planta.
 5. Les pintures vandàliques es troben a la planta baixa, concretament a la porta d'entrada de l'edifici i al local d'ús comercial.
- **Descripció de la lesió:**
 1. L'estat de l'arrebossat de morter, així com el recobriment de pedra és molt deficient. Hi ha múltiples zones amb clapes. Dona una visió de brutícia general.
 2. Les fusteries de tot el edifici estan molt mal cuidades, la pintura ha saltat i en cada planta estan pintades de colors diferents.
 3. Hi ha desprendiments en les lloses del bacó. Dona una imatge poc cuidada de l'edifici.
 4. S'aprecien esquerdes, aquestes incrementen la seva mida a mesura que s'acosten al balcó. No cal realitzar cap control ja que es coneix l'origen de la seva causa.
- **Causes:**
 1. L'acció combinada de la pluja i del vent, provoca una distribució de la brutícia desigual per la façana. El despreniment pot venir degut a la deshaderencia del morter amb el suport degut a la filtració de l'aigua al revestiment. Es descarten processos de gel/desgel per climatologia de la zona.
 2. Deteriorament per al pas dels anys i falta de manteniment periòdic.
 3. La falta de rejuntat a les lloses del bacó és degut a una mala adherència del morter amb el suport.
 4. Les esqueres són provocades per el moviment de la biga.

5. Les pintades són degudes al vandalisme.

- **Intervencions o actuacions**

1. Aplicació de nou arrebossat de morter a les parts que s'han després de la base en el parament d'estuc i aconseguir un acabat raspat i netejar el parament de pedra mitjançant silicat d'alumini.
2. Substituir totes les fusteries de l'edifici per unes de noves.
3. Restaurar les lloses del balcó amb morter de calç.
4. Rejuntat amb morter de calç les esquerdes estructurals en els paraments de pedra i estuc, un cop reparada la biga causa de l'inici de la lesió.
5. Netejar les parts tacades amb pintura vandàlica.



Figura 4 Façana de l'edifici. Font: elaboració pròpia.



Figura 5 Lesió: Despreniment de l'arrebossat de morter, mal estat de les fusteries. Font: elaboració pròpia.



Figura 7 Despreniment de l'arrebossat de calç de l'últim pis.
Font: elaboració pròpia.



Figura 6 Pintures vandàliques a la porta d'accés a l'edifici. Font: elaboració pròpia.

3. Anàlisi i proposta de mesures correctores de la lesió estructural de la biga

3.1. Objectiu

L'objectiu del present apartat és determinar i justificar la solució tècnica més adequada per la substitució d'una biga de fusta en mal estat per una biga d'acer.

3.2. Selecció i justificació del material de la biga

Històricament, la fusta era el material de construcció per excel·lència, però cada cop més l'acer està reemplaçant el seu ús degut a molts factors com el preu, la disponibilitat, la resistència i la seva durabilitat.

La fusta és un recurs renovable. No obstant això, el ritme de les necessitats de l'home en comparació amb la velocitat amb la que es pot replantar i utilitzar, és molt més gran, i per això el preu de la fusta pot fluctuar. D'altra banda, l'acer es pot obtenir fàcilment en grans quantitats i també es pot reciclar. El preu de l'acer, històricament sempre eren més alts que el de la fusta però avui en dia s'han equilibrat parcialment.

Les bigues d'acer tenen una resistència de càrrega molt alta i suporten la tensió millor que la fusta. A més estan fetes amb metall manufacturat, per això la seva resistència no depèn d'elements com els nusos, o defectes que es poden trobar a la fusta.

A més, l'acer té una durabilitat major que la fusta, no es desgasta, no es resseca ni s'acumula floridura. A més, no es veu afectat per plagues i no es deforma davant diferents condicions climàtiques. Té una vida útil major que la fusta. Aquí ho em pogut comprovar amb la biga de l'edifici, la qual estava totalment podrida i ja no feia la seva funció, el balcó del primer pis presentava risc de caiguda al no disposar la biga de suficient secció resistent.

L'acer està disponible en forma prefabricada o predissenyada, aquest procés permet estalviar temps i diners. El procés consisteix en construir determinades parts, cossos o peces d'una estructura en una fàbrica abans d'enviar-les al lloc de la construcció final.

Des de el punt de vista mediambiental la fusta és més ecològica que l'acer. La fusta creix de forma natural, per això l'energia que es necessita per processar-la és mínima. D'altra banda, l'acer és una aliatge de ferro i de carboni, el qual es processa en grans fàbriques, això genera grans quantitats de gasos que contribueixen a l'efecte hivernacle però és reciclable.

Un aspecte a tenir en compte de la fusta és el seu caràcter anisòtrop, es a dir no es comporta igual en totes les direccions de les fibres. És de gran importància en la construcció ja que determina la col·locació o disposició d'un determinat element constructiu. A causa de la seva estructura vegetal, dels conductes verticals per on circula la saba, de les fibres allargades, etc..., aquest material presenta una resistència a la tracció molt diferent si s'aplica l'esforç en el sentit de la fibra o s'hi s'aplica perpendicularment. [3]

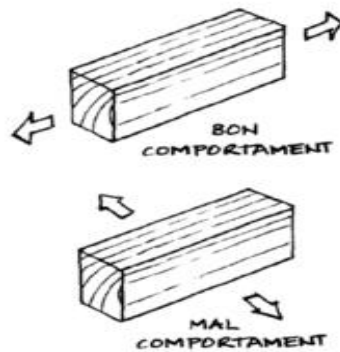


Figura 8 Exemple comportament anisotròpic de la fibra en la fusta. Font: Llibre de les propietats dels materials i elements de construcció. Autor: Ramón Sastre.

3.2.1. Característiques de l'acer

L'acer és un aliatge de ferro i carboni amb un percentatge d'aquest últim del 0.008% al 1.76%.

El ferro pur és un metall molt dúctil però de baixa resistència. El carboni li proporciona duresa i resistència. En funció del percentatge de carboni s'obtenen diferents tipus d'acer.

Classificació de l'acer:

Segons la seva composició química:

- Acers no aliats, són aquells els quals el percentatge d'elements químics que formen l'acer no supera el valor indicat a la taula següent:

Al	Bi	B	Co	Cu	Cr	Mn	Mo
0,10%	0,10%	0,0008%	0,10%	0,40%	0,30%	1,60%	0,08%

Taula 2 Percentatges dels elements que constitueixen els acers no aliats.

- Acers aliats, són aquells que es formen amb elements com: carboni, silici, manganès, fòsfor i sofre i a més contenen quantitats relativament importants d'altres elements com el crom, el níquel, molibdè... També es poden considerar acers aliats aquells que contenen elements químics amb un valor superior al indicat a la taula següent:

Si	Mn	P	S
0.50%	0.90%	0.100%	0.100%

Taula 3 Elements que formen els acers aliats.

- Acers inoxidable: són aquells acers que contenen un mínim de 10.5% en crom i un màxim del 1.2% de carboni.

[4]

3.2.2. Característiques comunes a tots els acers

Les característiques més comuns per als acers estructurals comuns són:

- Mòdul elasticitat: E 210.000 MPa
- Mòdul de Rigidesa: G 81.000 MPa
- Coeficient de Poisson: ν 0,3
- Coeficient de dilatació tèrmica: α $1,2 \cdot 10^{-5} (^\circ\text{C})^{-1}$
- Densitat: δ 7,850 kg/m³

3.3. Justificació de la solució adoptada per la biga

Es decideix substituir la biga de fusta per una d'acer, per els motius comentats en el apartat 1.2. Es partia d'un requeriment previ de l'ajuntament.

Aquest procés compleix els requisits bàsics de qualitat establerts per la *Llei d'Ordenació d'Edificació* (LOE llei 38/1999) i desenvolupats principalment pel Codi Tècnic de l'Edificació (CTE RD. 314/2006) i modificacions d'abril de 2009.

Pel que fa a la Seguretat Estructural: compleix el requisit de seguretat estructural donant compliment a les exigències bàsiques: resistència i estabilitat i a l'aptitud al servei, en els termes de l'article 10 del CTE-DB SE, que defineix les exigències bàsiques de seguretat estructural. (Segons pàg.14 del capítol 3 de [5])

3.4. Codi Tècnic de l'edificació

El CTE és el conjunt de normes que regulen les exigències bàsiques de qualitat que han de complir els edificis, incloses les seves instal·lacions, per satisfer els requisits bàsics de seguretat i habitabilitat de la LOE¹.

El CTE estableix els requisits bàsics que han de satisfer els edificis de manera que garanteixi la protecció dels seus usuaris i proporciona procediments que permeten establir el seu compliment :

- Seguretat estructural.
- Seguretat en cas d'incendi.
- Seguretat d'utilització.

¹ **Ley de Ordenación de la Edificación** (LOE) és la legislació sobre edificació vigent a Espanya des de 1999. Va sorgir per definir uns requisits bàsics en l'edificació. Determina els seus àmbits d'aplicació i les competències i obligacions que s'han de tenir en compte en l'edificació.

- Higiene, salut i protecció del medi ambient.
- Protecció contra el soroll.
- Estalvi d'energia i aïllament tèrmic.

El CTE està dividit en dos seccions. En la primera es detallen totes les exigències relacionades en la seguretat i l'habitabilitat necessàries a l'hora de construir un edifici, i la segona compon dels diferents documents bàsics (DB), que són textos tècnics que tenen com a finalitat posar en pràctica les exigències establertes a la primera part.

Els documents bàsics són els següents [6]:

- **DB SE:** Seguretat estructural.

Dintre d'aquest document s'inclouen:

- **DB SE-AE:** Accions en l'edificació
- **DB SE-A:** Estructures de l'acer
- **DB SE-F:** Estructures de fàbrica
- **DB SE-M:** Estructures de fusta
- **DB SE-C:** Fonamentacions
- **DB SI:** Seguretat en cas d'incendi
- **DB SUA:** Seguretat d'utilització i accessibilitat
- **DB HE:** Estalvis d'energia
- **DB HR:** Protecció enfront el soroll
- **DB HS:** Temes relacionats amb la salut

Per el nostre projecte d'estudi s'haurà de tenir en compte, de forma més significativa, els documents bàsics relacionats amb la seguretat estructural (**DB SE-AE, DB SE-A**).

4. Descripció de l'estructura

L'estructura és el conjunt d'elements resistents, vinculats entre si, que accionen i reaccionen sota els efectes de les cargues.

La seva funció és resistir i transmetre les càrregues de l'edifici als suports mantenint l'espai arquitectònic, sense patir deformacions incompatibles.

El programa d'usos² que condiciona l'exigència de seguretat estructural és el següent:

- Ús principal: residencial.
- Ús planta baixa: comercial.
- Ús coberta: coberta accessible.

L'estructura consta de planta baixa i cinc plantes sobre rasant, coberta i badalot de sortida a coberta.

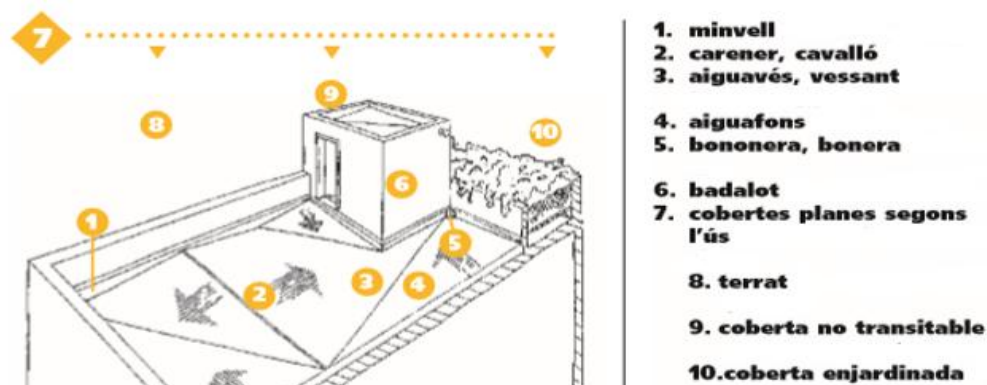


Figura 9 Imatge de coberta i badalot. Font: diccionari visual de la construcció [15]

² Programa d'usos: és un document escrit que es interpreta espacial i tècnicament per l'arquitecte. En ell s'identifiquen clarament els objectius i prioritats del projecte, com: definir les funcions de l'edifici acabat (els usos i els usuaris; establir els criteris de disseny: relació amb l'entorn, estil, materials...) i comunicar tanta informació sobre les circumstàncies actuals de l'edifici o terreny com es disposi, entre altres.

L'estructura horitzontal de totes les plantes està formada per forjats de biguetes de fusta.

L'estructura vertical està composta per parets d'obra de fàbrica de maó massís i paret de pedra en plantes inferiors.

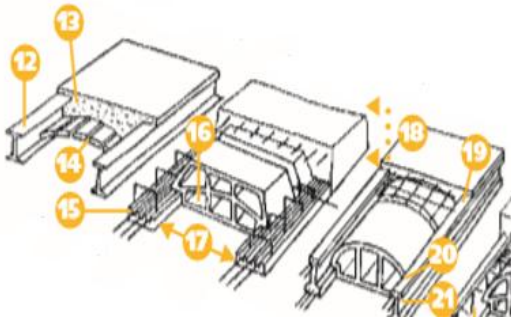


Figura 10 Imatge de forjat de biguetes de formigó (en el edifici objecte són de fusta).
Font: diccionari visual de la construcció [15]

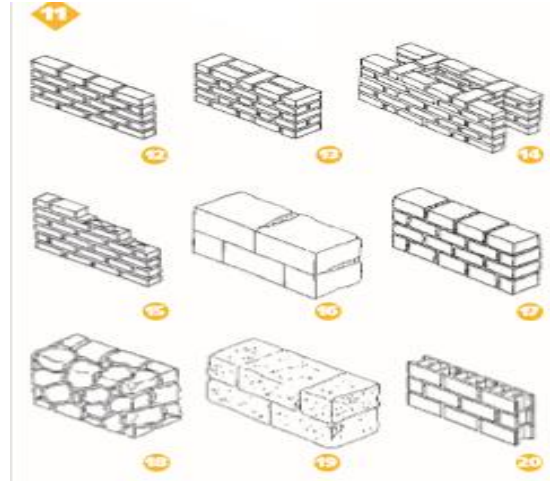


Figura 11 Imatge obra de fàbrica de maó i pedra. Font: diccionari visual de la construcció [15]

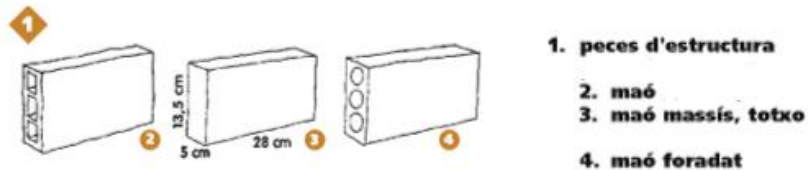


Figura 12 Imatge dels diferents tipus de maons. Font: diccionari visual de la construcció [15]

El requisit de seguretat estructural, i aptitud al servei, de l'actuació es satisfà segons els paràmetres establerts en els Documents Bàsics que li són d'aplicació:

- DB SE Seguretat estructural
- DB SE-AE Accions a l'edificació
- DB SE-F Fàbrica

Per l'estructura d'acer:

- DB SE-A Acer

4.1. DB-SE: Seguretat estructural

4.1.1. Requisits bàsics de seguretat estructural:

Es defineixen aquelles normes que permeten assegurar que l'edifici tindrà un comportament estructural adequat enfront aquelles accions i influències a les que pot estar sotmès l'edifici durant la seva construcció.

Per satisfer aquest objectiu, l'edifici ha de complir amb gran fiabilitat les exigències bàsiques que s'estableixen en el DB - SE:

- **Resistència i estabilitat** adequades perquè no es generin riscos indeguts durant les fases de construcció dels edificis.
- **Aptitud al servei** d'acord amb l'ús previst de l'edifici, de manera que no es produeixin deformacions, degradacions o anomalies inadmissibles que puguin posar en perill la vida dels usuaris.

Hi ha estabilitat quan el càlcul del efecte de les accions desestabilitzadores és menor o igual que el valor de càlcul de l'efecte de les accions estabilitzadores.

Hi ha resistència de l'estructura quan el valor de càlcul de l'efecte de les accions és menor o igual que el valor de càlcul de la resistència corresponent. [7]

4.2. DB SE-AE Accions a l'edificació

Aquest Document Bàsic té com a objectiu determinar les accions sobre els edificis, i verificar el compliment dels requisits de seguretat estructural (resistència i estabilitat) i aptitud al servei establerts en el DB - SE. [8]

No es contemplen aquelles accions i forces que actuen sobre elements com ara aparells elevadors o ponts grua. Tampoc es defineixen les forces de fregament.

Tipus d'accions que actuen en una estructura

Per el càlcul numèric de l'estructura s'han de considerar diferents tipus d'accions:

- Accions permanents: pes propi, elements estructurals i resta d'elements constructius (envans, fusteries, revestiments...).

- Accions variables: sobrecàrregues d'ús, accions sobre baranes, vent, accions tèrmiques, neu.
- Accions accidentals: aquelles on la probabilitat de que es produeixin és petita, però de gran importància en cas de presentar: sisme, incendi, impacte i explosió.

4.3. DB SE-F Fàbrica

L'objectiu d'aquest Document Bàsic és verificar la seguretat estructural de murs resistents realitzats a partir de peces relativament petites (comparades amb les dimensions dels elements, assentades mitjançant morter³) com ara parets de maó, blocs de formigó i parets de pedra, incloent el cas que continguin armadures actives o passives en els reforços de formigó armat.

Diferència entre armadures passives i actives:

Les armadures passives es fan servir per al formigó armat, i són aquelles que no comencen a treballar fins que actuen les accions exteriors.

Les armadures actives són aquelles que es fan servir per a pretensar, per tant, estan treballant abans de la posada en servei d'aquest element de formigó, aquestes armadures actives seran d'acer d'alta resistència i podran estar constituïdes per filferros, barres, cordons de 2 o 3 filferros... [9]

³ Morter és un compost de conglomerants inorgànics, agregats fins i aigua, i possibles additius que serveixen per enganxar elements de construcció com ara maons, pedres, blocs de formigó, etc.

4.4. DB SE-A Instrucció d'acer estructural

Aquest Document Bàsic té com a objectiu comprovar la seguretat estructural dels elements metàl·lics realitzats amb acer en l'edificació.

Es refereix únicament a la seguretat en condicions adequades d'utilització, inclosos els aspectes relatius a la durabilitat, d'acord amb el DB - SE.

No es contemplen requisits com l'aïllament tèrmic, acústic, resistència al foc.

Els aspectes relatius a la fabricació, muntatge, control de qualitat, conservació i manteniment es tracten, en la mesura necessària per a indicar les exigències que s'han de complir en concordança amb les hipòtesis establertes en el projecte d'edificació. [10]

4.4.1. Mètode de càlcul per al acer amb Estats Límits

Les estructures han de complir, els requisits d'estabilitat, resistència, funcionalitat i durabilitat. El procediment utilitzat per garantir que es compleixen aquests requisits amb una adequada fiabilitat, és el Mètode dels Estats Límit.

Si l'estructura supera algun dels Estats Límit es pot considerar que aquesta ja no compleix les funcions per les quals ha estat projectada.

Els Estats Límit es classifiquen en:

- Estats Límit Últims: són aquells que en ser superats, l'estructura deixa de fer la seva funció o bé afecten la seguretat de les persones.
- Estats Límit de Servei: són aquells que en ser superats deixen fora de servei l'estructura per motius de funcionalitat, comoditat o aparença estètica.

Els estats límit últims agrupa l'estabilitat i la resistència mentre que els estats límits de servei la funcionalitat i durabilitat.

4.4.2. LÍMITS DE DEFORMACIÓ EN L' ACER

L'Estat Límit de deformacions en una estructura metàl·lica es satisfà si els moviments (fletxes o rotacions) en l'estructura, o elements estructurals són menors que uns valors límits màxims. La comprovació de l'Estat Límit de deformacions haurà de realitzar-se en tots

aquells casos en què les deformacions puguin afectar l'estètica, funcionalitat o durabilitat de la pròpia estructura o dels elements que suporta.

S'anomena “fletxa” a l'efecte provocat en una biga, forjat, coberta o qualsevol altre element constructiu horitzontal que es vegi afectat per una força vertical en algun punt interior del mateix.

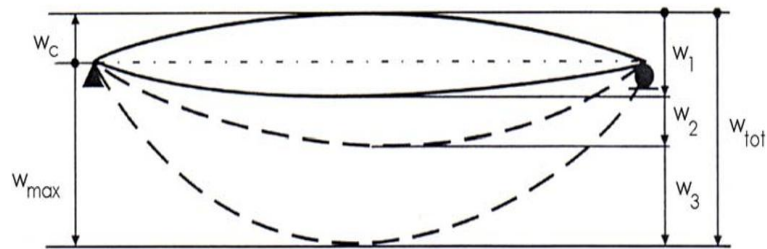


Figura 13 Representació de les diferents fletxes. Imatge extreta del capítol 10 article 67 del CTE SB-SE-A

Deformacions verticals determinats per CTE-DB-A:

- w_c = Contrafletxa⁴ d'execució en taller de l'element estructural d'acer (descarregat).
- w_1 = Fletxa instantània o inicial produïda per totes les càrregues de l'estructura.
- w_2 = Fletxa produïda per les càrregues permanents.
- w_3 = Fletxa deguda a l'acció de les sobrecàrregues.
- w_{tot} = Fletxa total, suma de ($w_1+w_2+w_3$). Esta constituïda per la fletxa instantània produïda per totes les cargues més la fletxa diferida produïda per les cargues permanents.
- w_{max} = Fletxa total aparent sense tenir en compte la contrafletxa ($w_{tot}-w_c$).
- w_{activa} = flecha activa, en general suma de (w_2+w_3) = ($w_{tot}-w_1$). Està produïda a partir de l'instant en que es construeix l'element. El seu valor, per lo tant, és la

⁴ Contrafletxa: Petita curvatura, que es realitza en una biga per compensar qualsevol deformació o fletxa probable enfront de l'acció d'una càrrega determinada.

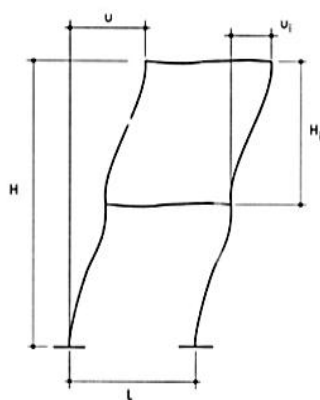
fletxa total menys el que ja s'ha produït fins el instant en que es construeix l'element.

A la següent taula s'indiquen els valors límits indicatius recomanats per a les fletxes verticals, referits a una longitud L .

Tipus d'Element	Valors límits w_{activa}
Cobertes (accessibles només per a manteniment)	$L/200$
Cobertes accessibles (amb caràcter general)	$L/300$
Bigues i forjats	$L/300$
Bigues i forjats suportant envans ordinaris	$L/400$
Bigues i forjats suportant elements fràgils: envans, tancaments o solats rígids L	$L/500$
Bigues suportant pilars	$L/500$
Bigues suportant mus de fàbrica	$L/1000$

Taula 4 Deformacions verticals de l'acer màximes per estat límit de servei (DB SE-A).

En el cas de **deformacions horitzontals**:



u = fletxa horitzontal total del edifici o estructura de altura H .

u_i = fletxa horitzontal, relativa entre cotes de forjat, de cada nivell o planta de altura H_i .

Figura 14 Esquema de deformació horitzontal. Font: CTE SB-SE-A

A la següent taula s'indiquen els valors límits indicatius recomanats per a les fletxes horitzontals, u i u_i , referint-se a la altura total del edifici H o de cada pis H_i .

Condicions	Valors límit
Pòrtics de cobertes	$u \leq H/150$
Edificis d'una planta	$u \leq H/300$
Edificis de diverses plantes <ul style="list-style-type: none"> total de l'estructura a cada planta a cada planta amb envans, paviments fràgils 	<ul style="list-style-type: none"> $u \leq H/500$ $u_i \leq H_i/300$ $u_i \leq H_i/500$
Edificis esvelts de gran alçada	$u \leq H/600$

Taula 5 Taula de deformacions horitzontals de l'acer (DB-SE-A).

4.4.3. Coeficients Parciais de Seguretat.

A la normativa del CTE ens indiquen aquells coeficients parciais de seguretat per determinar la resistència i que s'haurà de tenir en compte per el nostre projecte.

a) $\gamma_{M0} = 1,05$	Coeficient parcial de seguretat relatiu a la plastificació del material g.
b) $\gamma_{M1} = 1,05$	Coeficient parcial de seguretat relatiu als fenòmens d'inestabilitat.
c) $\gamma_{M2} = 1,25$	Coeficient parcial de seguretat relatiu a la resistència última del material o secció, i a la resistència dels mitjans d'unió.
d) $\gamma_{M3} = 1,1$	Coeficient parcial per a la resistència al lliscament d'unions amb caragols en Estat Límit de Servei.
e) $\gamma_{M3} = 1,25$	Coeficient parcial per a la resistència al lliscament d'unions amb caragols en Estat Límit d'Últim.
f) $\gamma_{M3} = 1,4$	Coeficient parcial per a la resistència al lliscament d'unions amb caragols i forats esquinçats o amb sobremesura.

Taula 6 Coeficients parciais de seguretat (DB-SE-A).

5. Accions

5.1. Combinació de les accions

Es realitzaran comprovacions de l'estructura d'estudi, segons marca el Codi Tècnic, en quan els Estats Límits Últims (ELU) i els Estats Límits de Servei (ELS). (Segons pàg. 9 i 10 de [7])

El Codi Tècnic ens proposa plantejar aquest estudi distingint dues parts:

A) En quan a la resistència i l'estabilitat adequades:

El valor de càlcul dels efectes de les accions corresponents a una situació persistent o transitòria, segons el DBSE, es determina mitjançant combinacions d'accions a partir de l'expressió:

$$\gamma(G,j) \cdot G(k,j) + \gamma(p) \cdot P + \gamma(Q,1) \cdot Q(k,1) + \sum_{i>1} \gamma(Q,i) \cdot \Psi(0,i) \cdot Q(k,i)$$

És a dir, considerant l'actuació simultània de :

- Totes les accions permanents, en valor de càlcul ($\gamma_G \cdot G_k$), incloent el pretensat ($\gamma_P \cdot P$)
 - Una acció variable qualsevol, en valor de càlcul ($\gamma_Q \cdot Q_k$)
 - La resta de les accions variables. ($\gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot Q_k$).
- ψ_0 (Coeficient simultani) s'aplica per estats límits irreversibles, per exemple , esforços per sobre del punt de fluència⁵.

⁵ La fluència és la deformació irrecuperable de la proveta, a partir de la qual només es recuperarà la part del seu deformació corresponent a la deformació elàstica, quedant una deformació irreversible.

S'adjunten a continuació les taules de coeficients parcials i de simultaneïtat:

Verificació	Acció	Situació persistent o transitòria	
		Desfavorable	Favorable
Resistència	Permanent		
	Pes propi	1,35	0,80
	Empenta del terreny	1,35	0,70
	Pressió de l'aigua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilitat	Permanent	Desestabilitzadora	Estabilitzadora
	Pes propi	1,10	0,90
	Empenta del terreny	1,35	0,80
	Pressió de l'aigua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

Taula 7 Coeficients parcials de seguretat per a les accions (DB-SE).

Coeficients de simultaneïtat	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecàrrega superficial d'ús			
Zones residencials	0,7	0,5	0,3
Zones administratives	0,7	0,5	0,3
Zones destinades al públic	0,7	0,7	0,6
Zones comercials	0,7	0,7	0,6
Zones de trànsit i d'aparcament de vehicles lleugers amb un pes total inferior a 30KN	0,7	0,7	0,6
Cobertes transitables	0	0	0
Cobertes accessibles únicament per manteniment	0	0	0
Neu			
Per altituds > 1000 m	0,7	0,5	0,2
Per altituds < 1000 m	0,5	0,2	0
Vent	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Accions variables del terreny	0,7	0,7	0,7

Taula 8 Elaboració pròpia a partir de la taula coeficients de simultaneïtat (DB-SE).

B) Pel que fa a l'aptitud de servei:

Es considera que hi ha un comportament adequat, en relació amb les deformacions, les vibracions o el deteriorament, si es compleix, que l'efecte de les accions no assoleix al valor límit admissible establert.

En el nostre estudi considerarem dues tipologies diferents en aquest apartat :

- Els efectes deguts a les accions de curta durada que poden resultar reversibles, es determinen mitjançant combinacions d'accions, a partir de la següent expressió:

$$G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \Psi(i, 1) \cdot Q(k, 1) + \sum_{i > 1} \Psi(2, i) \cdot Q(k, i)$$

Considerant l'actuació simultània de:

- Totes les accions permanents, en valor característic (G_k)
 - Una acció variable qualsevol, en valor freqüent ($\Psi_1 \cdot Q_k$)
 - La resta de les accions variables, en valor quasi permanent ($\Psi_2 \cdot Q_k$)
- Els efectes deguts a les accions de llarga durada, es determinen mitjançant combinacions d'accions, amb la següent expressió:

$$G(k, j) + P + \sum_{i \geq 1} \Psi(2, i) \cdot Q(k, i)$$

- Totes les accions permanents, en valor característic (G_k)
- Totes les accions variables, en valor quasi permanent ($\Psi_2 \cdot Q_k$)

- ψ_1 s'utilitza en la combinació freqüent que s'aplica per estats límits reversibles, per exemple esforços per sota del punt de fluència. Això és important per límits de fletxa en estructures d'acer.
- ψ_2 s'utilitza tant en la combinació freqüent com en la quasi- permanent. [En ambdós casos el factor s'utilitza per a efectes a llarg termini]

Un cop coneguda la metodologia indicada pel Codi Tècnica detallarem a continuació les hipòtesis de càlcul que s'han de tenir en compte en la realització del projecte:

Considerem:

- Accions permanents: Pes propi (PP).
- Accions variables: Les sobrecàrregues d'ús (SU).

Les combinacions resultants que obtenim son les següents:

Resistència i Estabilitat	$1,10 PP + 1,5 \cdot 0,7 SU$
	$1,35 PP + 1,5 \cdot 0,7 SU$

Aptitud de servei:

1) $PP + 0,5 SU$	2) $PP + 0,3 SU$
------------------	------------------

Com es pot observar obtenim poques combinacions ja que no es tenen en compte les accions variables següents:

- El vent, ja que, es tracta d'una substitució i no afecta a l'estabilitat global de l'edifici.
- Accions tèrmiques i reològiques, ja que, les dimensions totals de l'edifici són molt petites.
- Accions sísmiques.

5.2. Accions que actuen sobre la biga

5.2.1. Accions permanents

Les accions que actuen sobre les diferents plantes de l'estructura, s'han realitzat d'acord la Norma CTE-DB-SE-AE "Acciones en la Edificación".

Les càrregues que hi actuen es poden distingir entre accions directes i indirectes.

Les accions directes inclouen el pes propi de l'estructura, les càrregues permanents, les sobrecàrregues d'ús, etc.

Les accions indirectes són aquelles en que les deformacions o acceleracions imposades són capaces de donar lloc, de manera indirecte, a forces. En aquest grup s'inclouen els efectes deguts a la temperatura, vent, assentaments de fonaments, accions reològiques, accions sísmiques, etc.

Per a les càrregues permanents i variables s'han utilitzat els pesos específics de les taules de SE-AE "Acciones en la Edificación", Pàg. 19. A la taula següent es mostren aquells que ens interessen per al nostre projecte:

Materials i elements	Pes específic aparent (kN/m ³)
Arenisca (gres)	21,0 a 27,0
Maó ceràmic massís	18,0
Acer	77,0 a 78,5
Ferro forjat	76,0

Taula 9 Pes específic aparent dels materials de construcció. Font: elaboració a partir de la taula de (DB-SE-AE).

A continuació, es detallen en les taules adjuntes els valors obtinguts i considerats per el CTE pel que fa al pes propi tan del forjat, com dels altres elements estructurals:

Coberta plana superior	kN/m²
Pes propi forjat	1,8
Pes propi pendents i acabats	1,2
Sobrecàrrega de manteniment / neu	1
Total pesos propis (G)	3
Total càrregues variables (Q)	1
Total	4

Taula 10 Valors dels elements estructurals de la coberta plana superior.

Planta habitatge	N/m²
Pes propi forjat	1,8
Pes propi envans	0,4
Pes propi paviment	0,8
Sobrecàrrega d'ús	2
Total pesos propis (G)	3
Total càrregues variables (Q)	2
Total	5

Taula 11 Valors dels elements estructurals dels habitatges.

Lloses balcó	kN/m²
Pes propi llosa	4
Sobrecàrrega d'ús	2
Total pesos propis (G)	4
Total càrregues variables (Q)	2
Total	6

Taula 12 Valor dels elements estructurals de les lloses del balcó.

Pes propi façana pedra 40 cm (G)	8,40 kg/m ²
Pes propi façana obra massissa 30 cm (G)	5,40 kg/m ²
Pes propi façana obra massissa 15 cm (G)	270 kg/m ²
Pes propi baranes (G)	50 kg/ml
Sobrecàrregues voladissos i terrasses (Q)	200 kg/ml.

Taula 13 Valor dels paraments.

5.2.2. Accions variables. Sobrecàrrega d'ús.

La sobrecàrrega d'ús es defineix com el pes de tot el que pot gravitar sobre l'edifici per raó del propi ús. A la taula següent, es mostren els valors que estableix el CTE-SE-AE que ens interessen per al nostre projecte. (Font: [8] pàg. 5)

Categoria d'ús	Subcategoria d'ús	Carga Uniforme (kN/m ³)	Carga Concentrada (kN)
Zona residencial	Habitatges	2	2

Taula 14 Valors característics de les sobrecàrregues d'ús. (DB-SE-AE).

6. Anàlisi Biga

6.1. Característiques geomètriques

Es substitueix la biga de fusta per una biga d'acer formada per dos perfils soldats:

- UPN 240
- IPN 240

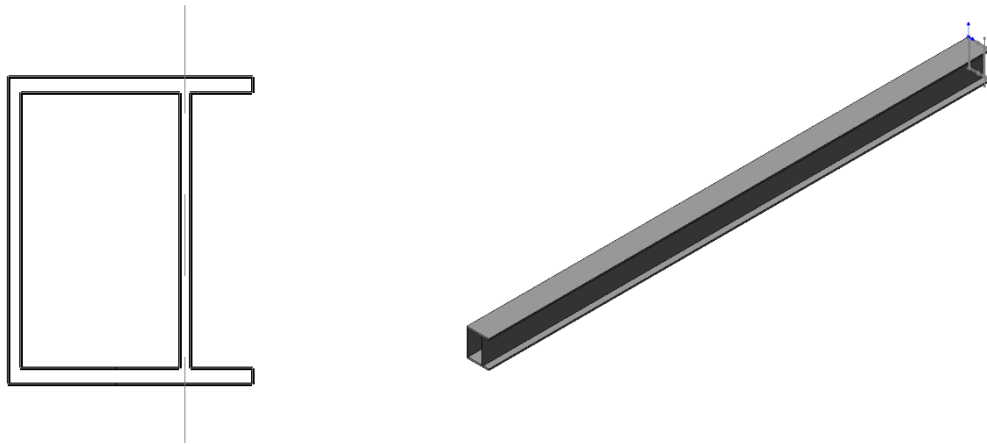


Figura 15 Perfil de la biga i representada en 3D. Font: Elaboració pròpia mitjançant el programari Solidworks.

Els perfils que component la biga son els següents:

Perfil CELSA Multilingüe Versión 2.01	
Propiedades Geométricas y Mecánicas	
IPN 240	
	$h = 240 \text{ mm}$
	$tf = 13.1 \text{ mm}$
	$r1 = 8.7 \text{ mm}$
	$tw = 8.7 \text{ mm}$
	$r2 = 5.2 \text{ mm}$
	$b = 106 \text{ mm}$
	$d = 192.5 \text{ mm}$
	$A = 46.1 \text{ cm}^2$
	$M = 36.2 \text{ kg/m}$
	$I_y = 4250.0 \text{ cm}^4$
	$I_z = 221.0 \text{ cm}^4$
	$W_y = 354.2 \text{ cm}^3$
	$W_z = 41.7 \text{ cm}^3$
	$W_{ply} = 412.0 \text{ cm}^3$
	$W_{plz} = 70.0 \text{ cm}^3$
	$i_y = 9.60 \text{ cm}$
	$i_z = 2.19 \text{ cm}$
	$I_t = 25.0 \text{ cm}^4$
	$I_w = 28700 \text{ cm}^6$
	$S_y = 206.0 \text{ cm}^3$
	$A_{wz} = 22.33 \text{ cm}^2$
	$s_y = 20.6 \text{ cm}$
	$AL = 0.844 \text{ m}^2/\text{m}$
	$AG = 23.32 \text{ m}^2/\text{t}$

Figura 16 Característiques d'un perfil IPN 240. Font: [13].

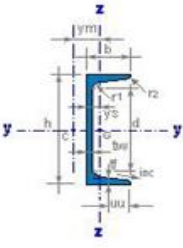
Perfil CELSA Multilingüe Versión 2.01		
Propiedades Geométricas y Mecánicas		
UPN 240		
	h = 240 mm	r ₂ = 6.5 mm
	t _f = 13.0 mm	b = 85 mm
	r ₁ = 13.0 mm	d = 184.0 mm
	t _w = 9.5 mm	
	A = 42.3 cm ²	M = 33.2 kg/m
I _y = 3600.0 cm ⁴	I _z = 248.0 cm ⁴	
W _y = 300.0 cm ³	W _z = 39.6 cm ³	
W _{ply} = 358.0 cm ³	W _{plz} = 75.7 cm ³	
i _y = 9.23 cm	i _z = 2.42 cm	
I _t = 19.70 cm ⁴	I _w = 22100 cm ⁶	
AG = 23.34 m ² /A	AL = 0.775 m ² /m	
Av _z = 23.71 cm ²		
y _s = 2.23 cm	y _m = 4.39 cm	

Figura 17 Característiques d'un perfil UPN 240. Font: [13]

A continuació es detallen les propietats geomètriques principals de la secció:

Àrea : indica l'àrea de la secció massissa.

I_z : inèrcia sobre l'eix z o també anomenada inèrcia sobre l'eix fort.

I_y : inèrcia sobre l'eix i o inèrcia sobre l'eix feble, calculada mitjançant el teorema de Steiner.

G_z o G_y: Centre de gravetat de la secció.

$$G_y = \frac{A_i \cdot y_G}{A_i} = \frac{4230 \cdot 120 + 4610 \cdot 120}{4610 + 4230} = 120 \text{ mm}$$

$$G_z = \frac{A_i \cdot z_G}{A_i} = \frac{4230 \cdot 22,4 + 4610 \cdot (85 + \frac{106}{2})}{4610 + 4230} = 82,68 \text{ mm}$$

Càlcul de les inèrcies:

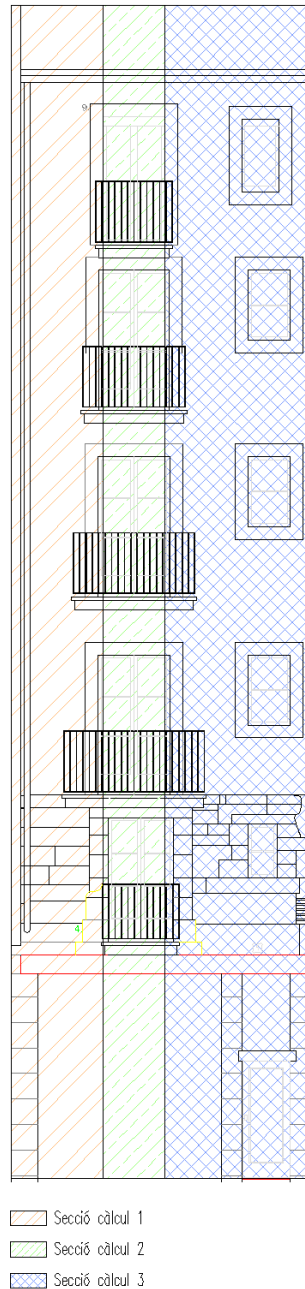
$$I_z = I_{z(IPN)} + I_{z(UPN)} = 4250 + 3600 = 7850 \text{ cm}^4$$

$$I_y = I_{y(UPN)} + A_{(UPN)} \cdot d_i^2 + I_{(IPN)} + A_{(IPN)} \cdot d_i^2$$

$$I_y = 248 + 42,30 \cdot (82,68 - 22,4)^2 + 221 + 46,10 \cdot (82,68 - 138)^2 = 3416,84 \text{ cm}^4$$

6.2. Càlcul càrregues que actuen a la biga

Pel càlcul de les càrregues que actuen en la biga, es va decidir dividir l'estructura en tres trams i calcular totes les forces que actuen en cada tram.



Càrregues que actuen en cadascun dels trams:

- Pes propi façana pedra 40 cm
- Pes propi façana obra massissa 30 cm
- Pes propi façana obra massissa 15 cm
- Pes cornisa
- Pes propi biga
- Pes propi baranes
- Sobrecàrregues voladissos i terrasses
- Balconera

Figura 18 Representació de com s'ha dividit l'edifici per al càlcul de càrregues. Font: elaboració pròpia mitjançant Autocad.

6.2.1. Càlcul càrregues tram 1

$$\text{Pes propi façana pedra 40 cm (P1)} \quad 8,40 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,53 \cdot 1,51 = 32,09 \text{ kN}$$

$$\text{Pes propi façana obra massissa 30 cm (P2)} \quad 5,40 \frac{kN}{m^2} \cdot 3,11 \cdot 1,51 - 0,2 \cdot 2,14 = 23,04 \text{ kN}$$

$$\text{Pes propi façana obra massissa 15 cm (P3)} \quad 2,70 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,92 \cdot 1,51 - 0,2 \cdot 2,14 = 10,74 \text{ kN}$$

$$(P4) \quad 2,70 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,59 \cdot 1,51 - 0,2 \cdot 2,14 = 9,40 \text{ kN}$$

$$(P5) \quad 2,70 \frac{kN}{m^2} \cdot 3,31 \cdot 1,51 - 0,2 \cdot 2,14 = 12,41 \text{ kN}$$

$$\text{Cornisa} \quad 2,70 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,07 \cdot 1,51 = 4,36 \text{ kN}$$

$$\text{Pes propi Biga (IPN +UPN)} = 46,10 \cdot 10^{-4} + 42,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 1,51 \text{ m} \cdot 77 \frac{kN}{m^3} = 0,91 \text{ kN}$$

Pes propi baranes:

$$(P2) \quad 0,71 + 0,6 \text{ m} \cdot 50 \frac{kg}{m} \cdot 10 \frac{N}{1kg} \cdot \frac{kN}{1000N} = 0,65 \text{ kN}$$

$$(P3) \quad 0,57 + 0,5 \text{ m} \cdot 50 \frac{kg}{m} \cdot 10 \frac{N}{1kg} \cdot \frac{kN}{1000N} = 0,53 \text{ kN}$$

$$(P4) \quad 0,42 + 0,4 \text{ m} \cdot 50 \frac{kg}{m} \cdot 10 \frac{N}{1Kg} \cdot \frac{kN}{1000N} = 0,41 \text{ kN}$$

$$(P5) \quad 0,28 + 0,20 \text{ m} \cdot 50 \frac{kg}{m} \cdot 10 \frac{N}{1Kg} \cdot \frac{kN}{1000N} = 0,24 \text{ kN}$$

Sobrecàrregues voladissos i terrasses:

$$(P2) \quad (0,71+0,6) \text{ m} \cdot 200 \frac{kg}{m} \cdot 10 \frac{N}{1Kg} \cdot \frac{kN}{1000N} = 2,62 \text{ kN}$$

$$(P3) \quad (0,57+0,5) \text{ m} \cdot 200 \frac{kg}{m} \cdot 10 \frac{N}{1kg} \cdot \frac{kN}{1000N} = 2,12 \text{ kN}$$

$$(P4) \quad (0,42+0,4) \text{ m} \cdot 200 \frac{kg}{m} \cdot 10 \frac{N}{1Kg} \cdot \frac{kN}{1000N} = 1,65 \text{ kN}$$

$$(P5) \quad (0,28+0,20) \text{ m} \cdot 200 \frac{kg}{m} \cdot 10 \frac{N}{1kg} \cdot \frac{kN}{1000N} = 0,97 \text{ kN}$$

$$\text{Pes propi balconera:} \quad 0,6 \cdot 0,71 + 0,5 \cdot 0,5 + 0,4 \cdot 0,42 + 0,20 \cdot 0,28 \cdot 0,2 = 0,18 \text{ m}^3$$

$$0,18 \text{ m}^3 \cdot 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 3,39 \text{ kN}$$

Suma total tram 1 tenint en compte els coeficients que s'estableixen al CTE:

- 1,35 per les càrregues permanents
- 1,5 per les sobrecàrregues

Per les sobrecàrregues es tindrà en compte un coeficient de simultaneïtat de 0,7. Obtenim:

$$\text{Suma Total de càrregues per repartides en } 1,51 = 92,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

6.2.2. Càlcul càrregues tram 2

$$\text{Pes propi façana pedra 40 cm (P1)} \quad 8,40 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,08 \cdot 2,53 - 1,08 \cdot 1,92 = 5,53 \text{ kN}$$

$$\text{Pes propi façana obra massissa 30 cm (P2)} \quad 5,40 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,08 \cdot 3,11 - 1,08 \cdot 2,14 = 5,65 \text{ kN}$$

$$\text{Pes propi façana obra massissa 15 cm (P3)} \quad 2,70 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,08 \cdot 2,92 - 1,08 \cdot 2,14 = 2,27 \text{ kN}$$

$$(P4) \quad 2,70 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,08 \cdot 2,59 - 1,08 \cdot 2,14 = 1,31 \text{ kN}$$

$$(P5) \quad 2,70 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,08 \cdot 3,31 - 1,08 \cdot 2,0 = 3,81 \text{ kN}$$

$$\text{Cornisa } 2,70 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,08 \cdot 1,07 = 3,12 \text{ kN}$$

$$\text{Biga (IPN+UPN)} = 46,10 \cdot 10^{-4} + 42,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 1,08 \text{ m} \cdot 77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Pes propi baranes:

$$(P1) \quad 1,08 + 2 \cdot 0,20 \text{ m} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 10 \frac{\text{N}}{1\text{kg}} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 0,74 \text{ kN}$$

$$(P2) \quad 1,08 \text{ m} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 10 \frac{\text{N}}{1\text{kg}} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 0,54 \text{ kN}$$

$$(P3) \quad 1,08 \text{ m} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 10 \frac{\text{N}}{1\text{kg}} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 0,54 \text{ kN}$$

$$(P4) \quad 1,08 \text{ m} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 10 \frac{\text{N}}{1\text{kg}} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 0,54 \text{ kN}$$

$$(P5) \quad 1,08 \text{ m} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 10 \frac{\text{N}}{1\text{kg}} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 0,54 \text{ kN}$$

Sobrecàrregues voladissos i terrasses:

$$(P1) (1,08+2\cdot 0,20) m \cdot 200 \frac{kg}{m} 10 \frac{N}{1kg} \cdot \frac{kN}{1000N} = 2,96 kN$$

$$(P2) (1,08) m \cdot 200 \frac{kg}{m} 10 \frac{N}{1kg} \cdot \frac{kN}{1000N} = 2,16 kN$$

$$(P3) (1,08) m \cdot 200 \frac{kg}{m} 10 \frac{N}{1kg} \cdot \frac{kN}{1000N} = 2,16 kN$$

$$(P4) (1,08) m \cdot 200 \frac{kg}{m} 10 \frac{N}{1kg} \cdot \frac{kN}{1000N} = 2,16 kN$$

$$(P5) (1,08) m \cdot 200 \frac{kg}{m} 10 \frac{N}{1kg} \cdot \frac{kN}{1000N} = 2,16 kN$$

$$\text{Balconera } 1,08 \cdot 0,6 + 1,08 \cdot 0,5 + 1,08 \cdot 0,4 + 1,08 \cdot 0,20 + 1,08 \cdot 0,20 \cdot 0,2 = 0,41 m^3$$

$$0,41 m^3 \cdot 18 \frac{kN}{m^3} = 7,38 kN$$

Suma total tram 2 tenint en compte els mateixos coeficients que el tram 1:

- 1,35 per les càrregues permanents
- 1,5 per les sobrecàrregues
- Coeficient simultaneïtat 0,7

Obtenim:

$$\text{Suma Total tram 2 repartit en } 1,08 m = 52,1 \frac{kN}{m}$$

6.2.3. Càlcul càrregues tram 3

$$\text{Pes propi façana pedra 40 cm (P1)} 8,40 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,53 \cdot 1,78 - 0,42 \cdot 0,85 = 34,74 kN$$

$$\text{Pes propi façana obra massissa 30 cm (P2)} 5,40 \frac{kN}{m^2} \cdot 3,11 \cdot 1,78 - 0,64 \cdot 1,07 = 26,19 kN$$

$$\text{Pes propi façana obra massissa 15 cm (P3)} 2,70 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,92 \cdot 1,78 - 0,64 \cdot 1,07 = 12,18 kN$$

$$(P4) 2,70 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,59 \cdot 1,78 - 0,64 \cdot 1,07 = 10,59 kN$$

$$(P5) 2,70 \frac{kN}{m^2} \cdot 3,31 \cdot 1,78 - 0,64 \cdot 1,07 = 14,05 kN$$

$$\text{Cornisa } 2,70 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,07 \cdot 1,78 = 5,14 kN$$

$$\text{Pes propi Biga (IPN +UPN)} = 46,10 \cdot 10^{-4} + 42,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 1,78 \text{ m} \cdot 77 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} = 1,2 \text{ kN}$$

Pes propi baranes:

$$(P2) \quad 0,42 + 0,6 \text{ m} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 10 \frac{\text{N}}{1\text{kg}} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 0,51 \text{ kN}$$

$$(P3) \quad 0,21 + 0,5 \text{ m} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 10 \frac{\text{N}}{1\text{kg}} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 0,35 \text{ kN}$$

$$(P4) \quad 0,14 + 0,4 \text{ m} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 10 \frac{\text{N}}{1\text{kg}} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 0,27 \text{ kN}$$

Sobrecàrregues voladissos i terrasses:

$$(P2) \quad (0,42+0,6) \text{ m} \cdot 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 10 \frac{\text{N}}{1\text{kg}} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 2,04 \text{ kN}$$

$$(P3) \quad (0,21+0,5) \text{ m} \cdot 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 10 \frac{\text{N}}{1\text{kg}} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 1,42 \text{ kN}$$

$$(P4) \quad (0,14+0,4) \text{ m} \cdot 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 10 \frac{\text{N}}{1\text{kg}} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 1,08 \text{ kN}$$

$$\text{Pes propi balconera: } 0,6 \cdot 0,42 + 0,21 \cdot 0,5 + 0,14 \cdot 0,4 \cdot 0,2 = 0,08 \text{ m}^3 \cdot 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 1,48 \text{ kN}$$

$$\text{Suma Total de càrregues per repartides en 1,35 m} = 83,61 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

6.2.4. Resultat final de totes les càrregues a la biga

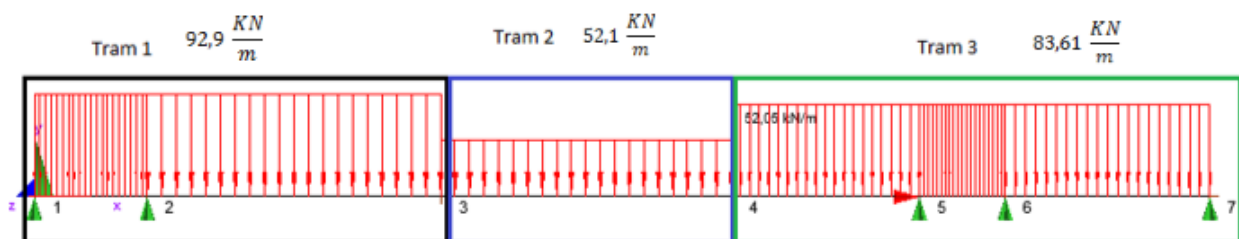


Figura 19 Representació de les càrregues que actuen en cada tram.

Font: Estruwin 3D.

6.3. Mètode de càlcul de moments

Els càlculs dels moments i dels esforços tallants de la biga s'han determinat de dos formes diferents. La primera a partir del Teorema de Cross i la segona mitjançant el programa Estruwin3D.

En un primer moment es va calcular els moments mitjançant el sistema que s'ensenya a l'assignatura de Resistència de Materials. Però es va haver de canviar de mètode ja que era un procés molt llarg i enrevessat.

6.3.1. Càlcul mitjançant resistència de materials

En aquest apartat explicaré el motiu per el qual no s'ha procedit a calcular els moments mitjançant el mètode que s'ensenya a l'assignatura de resistència de materials.

La nostre biga del projecte presenta una estructura hiperestàtica, és a dir, les equacions d'equilibri estàtic no són suficients per poder determinar les forces internes i les reaccions sobre l'estructura. En el nostre cas:

$$F_y = 0 \quad i \quad M_A = 0$$

$$0 = R_A^y + R_B^y + R_C^y + R_D^y + R_E^y - 92,92 \cdot 1,51 - 52,05 \cdot 1,08 - 83,6 \cdot 1,78$$

$$0 = R_B \cdot 0,42 + R_C \cdot 3,29 + R_D \cdot 3,61 + R_E \cdot 4,37 - 92,92 \cdot 1,51 \cdot 0,75 - 52,05 \cdot 1,08 \cdot 2,05 - 83,6 \cdot 1,78 \cdot 3,48$$

S'obté el següent sistema d'equacions:

Número de Incògnites > Número de equacions \longrightarrow Sistema hiperestàtic.

Per trobar les incògnites restants s'han de pensar en les diferents limitacions que presenta una estructura:

- En una articulació, el desplaçament vertical està impedit, per tan en aquest punt s'imposa que $v=0$.
- Un encastament garanteix que la secció no es desplaça ($v=0$) ni gira ($\omega=0$).
- En dos trams d'una peça que tenen una secció en comú, tan el desplaçament v com el seu gir ω es poden considerar iguals.

Teorema de Castigliano es defineix amb la següent expressió:

$$\frac{\partial W}{\partial P_i} = \int_0^L \frac{N}{E \cdot A} \cdot \frac{\partial N}{\partial P} + \frac{T}{G \cdot A_1} \cdot \frac{\partial T}{\partial P} + \frac{M}{E \cdot I} \cdot \frac{\partial M}{\partial P} dx$$

Amb aquest mètode és necessari calcular els moments per cadascun dels trams. Els esforços tallants no els necessitem ja que els depreciarem per tal de simplificar càlculs.

Definim els trams de la biga:

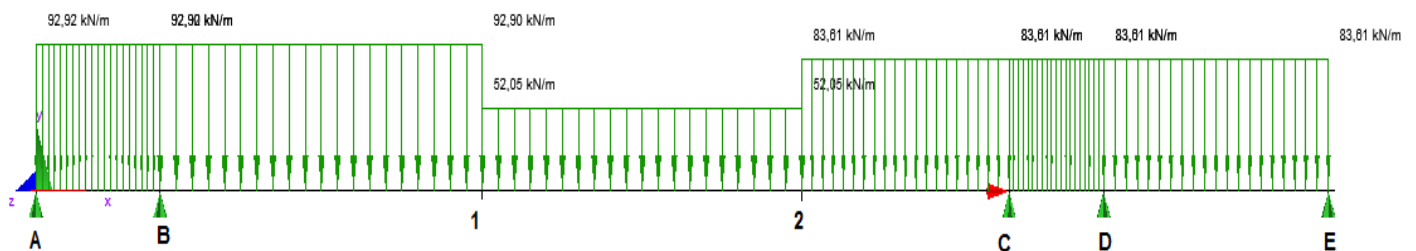


Figura 20 Representació dels trams de la biga.

S'han calculat els moments i esforços tallants de cada tram, i començant en cada un d'ells a $x=0$, ja que resulta més senzill per aplicar Castigliano.

Tram AB $0 \leq x \leq 0,42$

$$T = R_A - 92,92 \cdot x$$

$$M = R_A \cdot x - 92,92 \cdot \frac{x^2}{2}$$

Tram B1 $0 \leq x \leq 1,09$

$$T = R_A + R_B - 92,92 \cdot x - 92,92 \cdot 0,42$$

$$M = R_A \cdot 0,42 - 92,92 \cdot \frac{0,42^2}{2} + R_B \cdot x - 92,92 \cdot \frac{x^2}{2} + R_A \cdot x - 92,92 \cdot 0,42 \cdot x$$

Tram 12 $0 \leq x \leq 1,08$

$$T = R_A + R_B - 92,92 \cdot 1,51 - 52,05 \cdot x$$

$$M = R_A \cdot 0,42 - 92,92 \cdot \frac{0,42^2}{2} + R_B \cdot 1,09 - 92,92 \cdot \frac{1,09^2}{2} + R_A \cdot 1,09 - 92,92 \cdot 0,42 \cdot 1,09 \\ + R_A \cdot x - 92,92 \cdot 1,51 \cdot x + R_B \cdot x - 52,05 \cdot \frac{x^2}{2}$$

Tram 2C $0 \leq x \leq 0,7$

$$T = R_A + R_B - 92,92 \cdot 1,51 - 52,05 \cdot 1,08 - 83,6 \cdot x$$

$$M = R_A \cdot 0,42 - 92,92 \cdot \frac{0,42^2}{2} + R_B \cdot 1,09 - 92,92 \cdot \frac{1,09^2}{2} + R_A \cdot 1,09 - 92,92 \cdot 0,42 \cdot 1,09 + R_A \cdot 1,08 \\ - 92,92 \cdot 1,51 \cdot 1,08 + R_B \cdot 1,08 - 52,05 \cdot \frac{1,08^2}{2} + R_A \cdot x + R_B \cdot x - 92,92 \cdot 1,51 \cdot x \\ - 52,05 \cdot 1,08 \cdot x - 83,6 \cdot \frac{x^2}{2}$$

Tram CD $0 \leq x \leq 0,32$

$$T = R_A + R_B - 92,92 \cdot 1,51 - 52,05 \cdot 1,08 - 83,6 \cdot 0,7 - 83,6 \cdot 0,7 + R_C - 83,6 \cdot x$$

$$M = R_A \cdot 0,42 - 92,92 \cdot \frac{0,42^2}{2} + R_B \cdot 1,09 - 92,92 \cdot \frac{1,09^2}{2} + R_A \cdot 1,09 - 92,92 \cdot 0,42 \cdot 1,09 + R_A \cdot 1,08 \\ - 92,92 \cdot 1,51 \cdot 1,08 + R_B \cdot 1,08 - 52,05 \cdot \frac{1,08^2}{2} + R_A \cdot 0,7 + R_B \cdot 0,7 - 92,92 \cdot 1,51 \\ \cdot 0,7 - 52,05 \cdot 1,08 \cdot 0,7 - 83,6 \cdot \frac{0,7^2}{2} + R_C \cdot x - 83,6 \cdot \frac{x^2}{2} + R_A \cdot x + R_B \cdot x - 92,92 \\ \cdot 1,51 \cdot x - 52,05 \cdot 1,08 \cdot x - 83,6 \cdot 0,7 \cdot x$$

Tram DE $0 \leq x \leq 0,76$

$$T = R_A + R_B - 92,92 \cdot 1,51 - 52,05 \cdot 1,08 - 83,6 \cdot 0,7 - 83,6 \cdot 0,32 + R_C + R_D - 83,6 \cdot x$$

$$\begin{aligned}
M = & R_A \cdot 0,42 - 92,92 \cdot \frac{0,42^2}{2} + R_B \cdot 1,09 - 92,92 \cdot \frac{1,09^2}{2} + R_A \cdot 1,09 - 92,92 \cdot 0,42 \cdot 1,09 + R_A \cdot 1,08 \\
& - 92,92 \cdot 1,51 \cdot 1,08 + R_B \cdot 1,08 - 52,05 \cdot \frac{1,08^2}{2} + R_A \cdot 0,7 + R_B \cdot 0,7 - 92,92 \cdot 1,51 \\
& \cdot 0,7 - 52,05 \cdot 1,08 \cdot 0,7 - 83,6 \cdot \frac{0,7^2}{2} + R_C \cdot 0,32 - 83,6 \cdot \frac{0,32^2}{2} + R_A \cdot 0,32 + R_B \cdot 0,32 \\
& - 92,92 \cdot 1,51 \cdot 0,32 - 52,05 \cdot 1,08 \cdot 0,32 - 83,6 \cdot 0,7 \cdot 0,32 + R_C \cdot x - 83,6 \cdot \frac{x^2}{2} + R_A \\
& \cdot x + R_B \cdot x - 92,92 \cdot 1,51 \cdot x - 52,05 \cdot 1,08 \cdot x - 83,6 \cdot 0,7 \cdot x - 83,6 \cdot 0,32 \cdot x - 83,6 \\
& \cdot \frac{x^2}{2}
\end{aligned}$$

Després de trobar els moments per cadascun dels trams, s'obtidrien les tres equacions restants amb les relacions següents:

- Punt C (dos graus de llibertat restringits: vertical i horitzontal) té un desplaçament nul:

$$\delta = \frac{W}{\partial P} = \int_0^L \frac{M}{E \cdot I} \cdot \frac{\partial M}{\partial R_C} dx = \int_0^{0,32} M \cdot x \cdot dx + \int_0^{0,76} M \cdot x + 0,32 \cdot dx = 0$$

- Punt A i E, desplaçament nul ja que al estar en contacte amb la façana dels edificis dels costat podríem suposar que el seu punt de contacte, actua com el Punt C.

Com es pot observar és un procés molt llarg, i molt fàcil d'equivocar-se, així doncs, s'haurà de recórrer a altres mètodes per al càlcul de Moments com son Cross o mitjançant el programa Estruwin3D.

6.3.2. Càlcul de moments amb el teorema de Cross

El mètode de Cross, és un mètode d'anàlisi estructural desenvolupat per Hardy Cross. Només calcula l'efecte dels moments flectors, no té en compte els efectes axials i tallants.

Aquest mètode fixa cada articulació de l'estructura, per desenvolupar els moments en els extrems fixos. Després cada articulació fixa és seqüencialment alliberada i el moment en l'extrem fix, el qual al moment de ser alliberat no està en equilibri, es distribueix fins que s'aconsegueix el equilibri. [11]

S'ha de tenir en compte aquestes consideracions:

1) Moments d'encastament

Es fixen cadascuna de les articulacions, de manera que en cada tram parlem de moments encastats, que són els moments de reacció sobre una biga on els seus extrems estan fixes.

2) Rigidesa a flexió ,k

Es el parell aplicat necessari, M, per aconseguir un gir unitari $\theta=1$

Es representa amb la següent expressió:

$$K = \frac{M}{\theta} = \frac{4EI}{L}$$

- E: es el mòdul de Young ,és un paràmetre que caracteritza el comportament d'un material elàstic, segons l'adreça en la qual s'aplica una força,
- I: és la inèrcia
- L: la longitud de cada tram de la Biga.

Per al nostre cas obtenim els següents coeficients de repartiment:

$$K_{AB} = \frac{4EI}{0,42} = 9,52EI$$

$$K_{BC} = \frac{4EI}{2,87} = 1,39EI$$

$$K_{CD} = \frac{4EI}{0,32} = 12,5EI$$

$$K_{DE} = \frac{4EI}{0,76} = 5,26EI$$

3) Factors de Distribució

Els factors de distribució es defineixen com les proporcions dels moments no equilibrats portats per cadascun dels membres.

Per al nostre cas obtenim els següents:

$$re = \frac{K_{AB}}{K_{AB} + K_{BC}} = 0,87 \quad rd = 1 - re = 0,13$$

$$re = \frac{K_{BC}}{K_{BC} + K_{CD}} = 0,1 \quad rd = 1 - re = 0,9$$

$$re = \frac{K_{CD}}{K_{DE} + K_{CD}} = 0,7 \quad rd = 1 - re = 0,3$$

4) Factors de transmissió, β

És la relació entre el parell en l'encastament, m, i el parell aplicat, M

$$\beta = \frac{m}{M} = \frac{1}{2}$$

Els moments no equilibrats són portats sobre l'altre extrem del membre. Es coneixen els següents valors de transmissió:

- 0,5 per a nodes sense encastament.
- 0 per a nodes amb encastament.

5) Convenció de signes

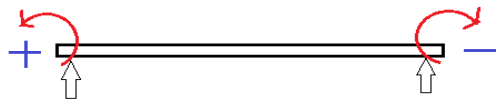


Figura 21 Representació conveni de signes. Font: elaboració pròpia.

6) Càlcul del moments d' encastament en cada tram de la biga

$$M = \frac{1}{12} \cdot q \cdot L^2 \quad \text{On } q \text{ i } L \text{ es la càrrega i la Longitud en aquell tram de la biga.}$$

$$M_{AB} = \frac{1}{12} \cdot 92,92 \cdot 0,42^2 = 1,36 \frac{kN}{m}$$

$$M_{CD} = \frac{1}{12} \cdot 83,605 \cdot 0,32^2 = 0,71 \frac{kN}{m}$$

$$M_{DE} = \frac{1}{12} \cdot 83,605 \cdot 0,76^2 = 4,02 \frac{kN}{m}$$

Per calcular el moment en el tram BC, al actuar tres càrregues diferents en un mateix tram s'ha de trobar una q mitjana:

$$92,92 \cdot 1,09 + 52,05 \cdot 1,08 + 83,605 \cdot 0,7 = q \cdot 2,87 \quad q = 75,26 \frac{kN}{m}$$

$$M_{BC} = \frac{1}{12} \cdot 75,26 \cdot 2,87^2 = 51,65 \frac{kN}{m}$$

7) Diagrama de Cross

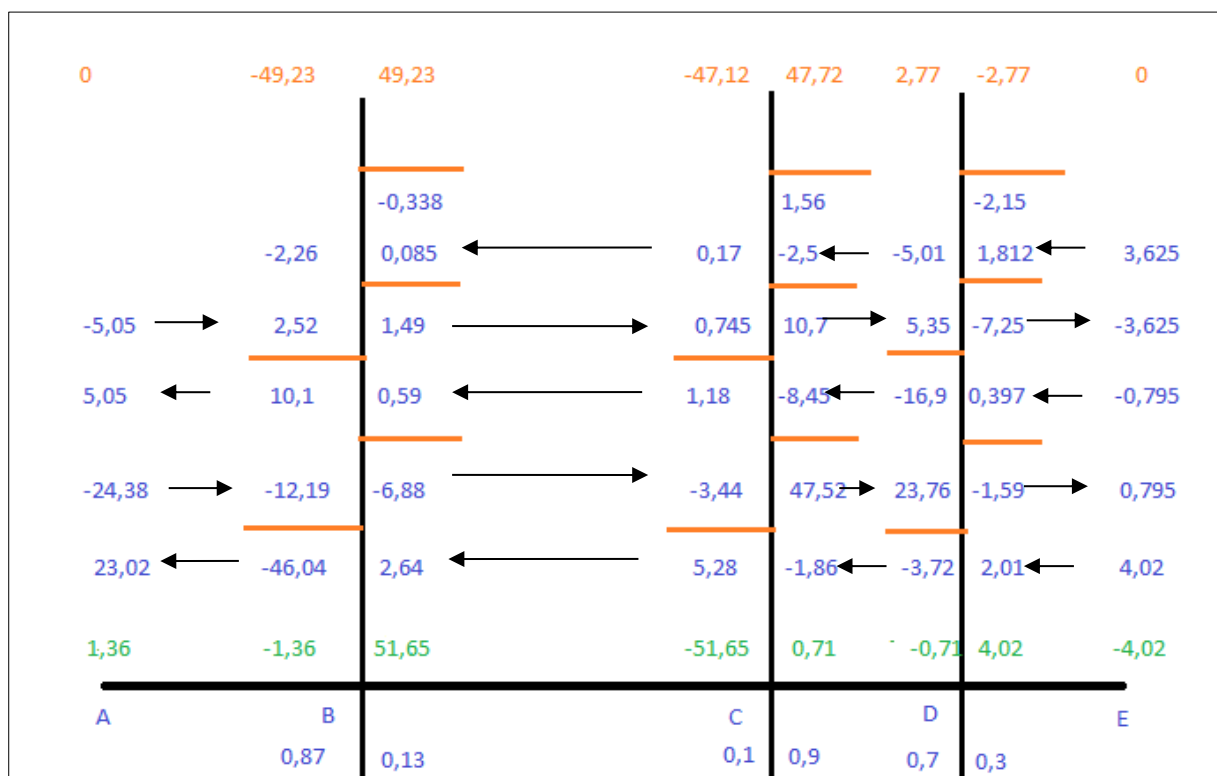


Figura 22 Representació diagrama de Cross. Font: Elaboració pròpia.

6.3.3. Càlcul de moments a partir del programa Estruwin3D

Estruwin3D es un programa informàtic desenvolupat per el departament de Resistència de Materials y Estructures i la companyia Ingeperfil⁶.

Aquest programa permet el desenvolupament, el disseny i el càlcul de bigues per a la projecció i construcció d'estructures per a edificacions.

Es tracta d'un programa molt senzill i molt intuïtiu. Es defineix l'estructura que es vol estudiar, el programa immediatament et presenta els càlculs i les diferents formes de visualitzar els resultats.

En el nostre cas s'han trobat el següent diagrama de moments i tallants:

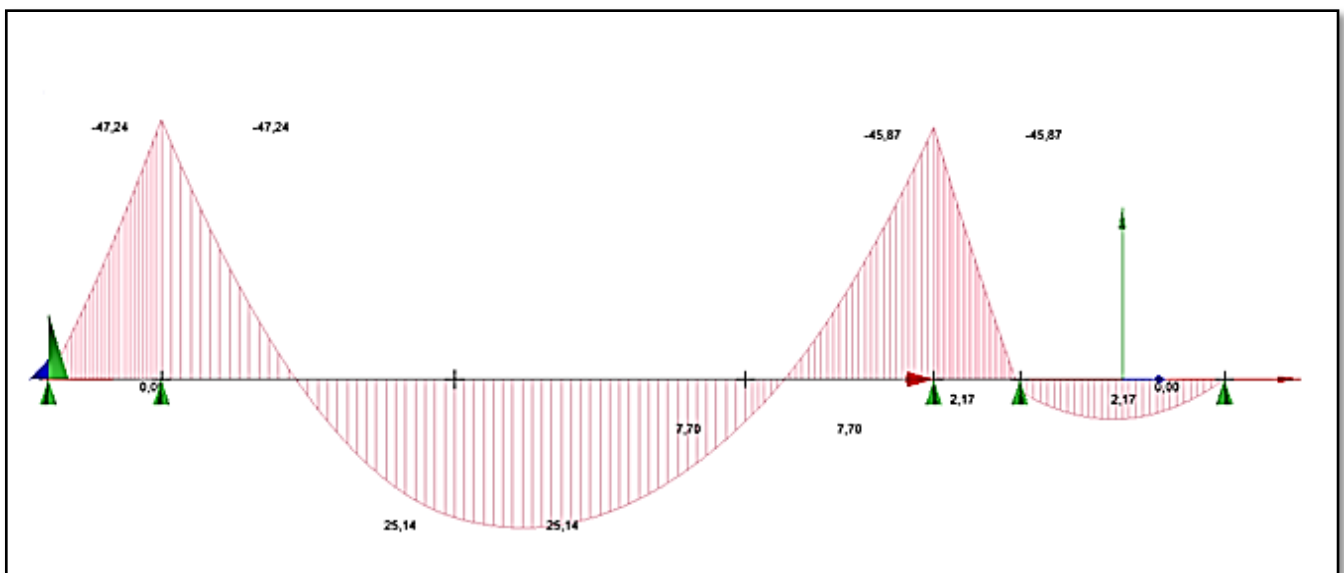


Figura 23 Representació diagrama de Moments. Estruwin3D.

⁶ Ingeperfil: Companyia especialitzada en la fabricació de perfil·laria per a placa de guix laminat.

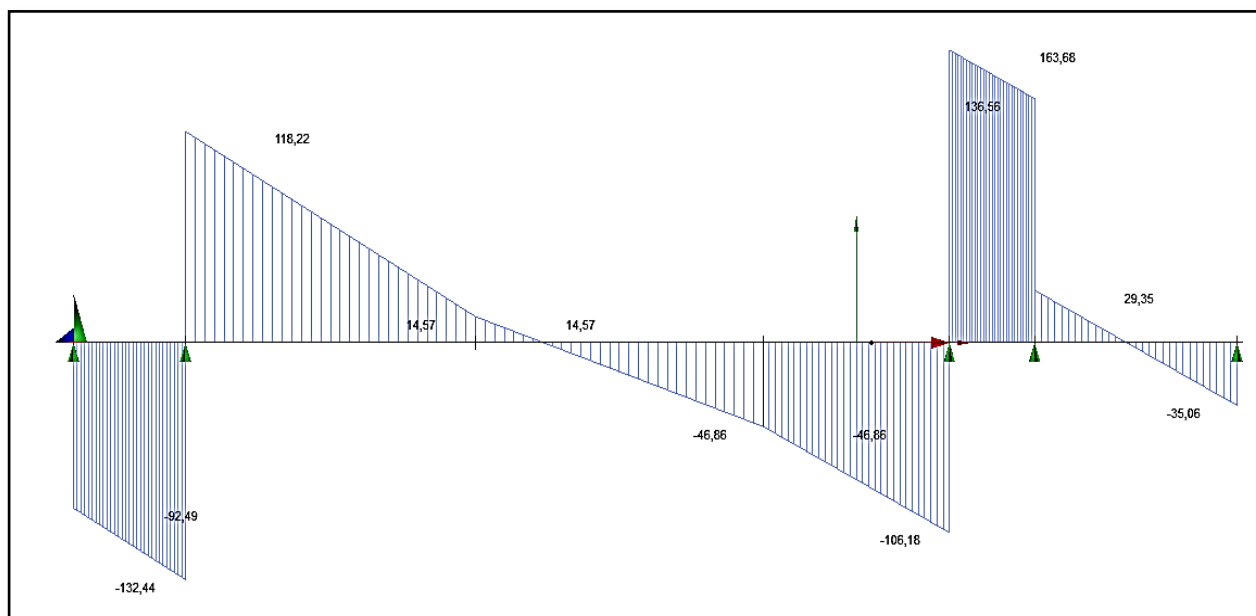


Figura 24 Representació diagrama Tallants. Estruwin3D.

6.3.4. Comparació dels resultats obtinguts per Cross amb Estruwin3D

Com es pot observar els càlculs obtinguts per els dos mètodes no donen resultats idèntics, això es degut a que el mètode de Cross ens dona una aproximació. Com més iteracions es realitzin més ens aproximarem als resultats. Tot i així els valors obtinguts s'aproximen i per tant podem afirmar que els Cross està ben realitzat.

	Punt A	Punt B	Punt C	Punt D	Punt E
Cross	0	49,23	47,12	2,77	0
Estruwin3D	0	47,24	45,87	2,17	0
Error relatiu	0	4,21%	2,72%	27,6%	0

Taula 15 Diferències dels valors obtinguts per Cross i Estruwin3D.

6.4. Comprovació del perfil seleccionat

6.4.1. Estats límits últims

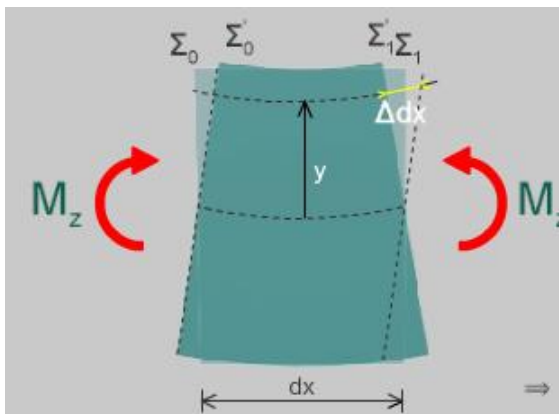
La comprovació per Estats Límits Últims suposa, segons el Codi Tècnic, l'anàlisi i la verificació ordenada de la resistència de les seccions, de les barres i de les unions, en el nostre cas únicament s'ha de tenir en compte la resistència de la secció.

Resistència de la secció

Per els diagrames obtinguts, s'observa que la biga del projecte presenta una flexió de tipus simple, ja que, a més d'un moment flector M_z , actua l'esforç tallant que el genera T_y .

Per comprovar que la secció està ben dimensionada s'aplicarà el Teorema de Navier. Per els casos de flexió simple es pot aplicar exactament la mateixa expressió que en flexió pura, degut, a que, la contribució del esforç tallant T en la distribució de tensions normals, és menyspreable en front a la del moment flector.

La hipòtesis de Navier diu que dos seccions inicialment planes (Σ_0 i Σ_1) es mantenen planes i únicament giren una respecte de l'altre al voltant del eix de flexió. [12]



$$\Delta dx = B' \cdot y$$

$$\frac{\Delta dx}{dx} = \frac{B'}{dx} \cdot y = B \cdot y \rightarrow \varepsilon_x = B \cdot y$$

Material amb comportament elàstic lineal:

$$\sigma_x = E \cdot \varepsilon_x = E \cdot B \cdot y = C \cdot y$$

Figura 25 Explicació Hipòtesis de Navier. Font: Prismàtic UPC.

A partir de les equacions d'equivalència obtenim la formula de Navier:

$$M_z = -\sigma_x \cdot y \cdot dA = -C \cdot y \cdot y \cdot dA = -C \cdot y^2 \cdot dA = -C \cdot I_z$$

$$\sigma_x = -\frac{M_z}{I_z} \cdot Y$$

Per al nostre cas, aplicarem el Teorema de Navier en el moment màxim que es el cas més desfavorable, per tan si compleix amb aquest, ens assegurem que la biga resisteix en cadascun dels trams. Com a coeficient de seguretat, s'utilitzarà aquell determinat per el CTE(DE-SE-A) relatiu a la resistència última del material o secció ($\gamma=1,25$)

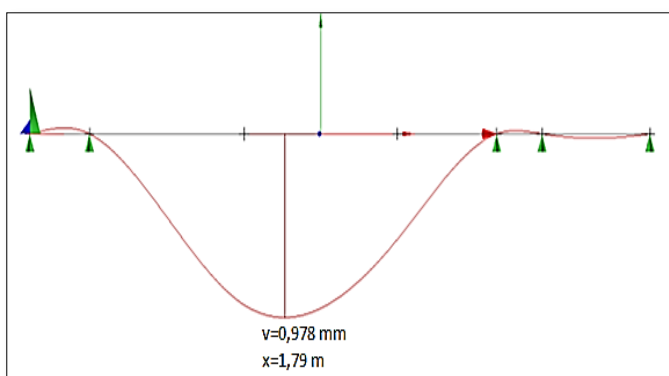
$$\frac{M_z}{I_z} \cdot Y \leq \sigma_{m\grave{a}x} = \frac{\sigma_e}{\gamma_e} = \frac{47,24 \cdot 10^6}{7850 \cdot 10^4} \cdot 120 \leq \frac{275}{1,25} \quad \text{compleix, ja que, } 72,2 \frac{N}{mm^2} \leq 220 \frac{N}{mm^2}$$

6.4.2. Estats límit de Servei

Com indica el CTE, l'aptitud al servei serà conforme amb l'ús previst de l'edifici, de manera que no es produeixin deformacions inadmissibles, es limiti a un nivell acceptable la probabilitat d'un comportament dinàmic inadmissible i no es produeixin degradacions o anomalies inadmissibles.

Com s'ha comentat anteriorment, el CTE, marca una fletxa màxima relativa depenen de la funció de la biga, en el nostre cas, ens trobem amb una biga que ha de suportar tot el pes de la façana, per tan la seva fletxa màxima relativa és de $L/1000$.

Mitjançant el programa Estruwin3D s'ha obtingut la deformació màxima:



Per tan per complir amb el criteri de

rigidesa:
$$v_{m\grave{a}x} \leq \frac{L}{1000}$$

$$0,928 \leq \frac{4,37 \cdot 10^3}{1000} \longrightarrow 0,928 \leq 4,37$$

Si que compleix.

Figura 26 Representació de la deformada vertical. Estruwin3D.

7. Descripció de les obres a realitzar

Les actuacions a la façana es concretaran en els següents punts [14]:

1. INTERVENCIONS ESTRUCTURALS

Intervenció en la biga de fusta. Substitució per dos perfils metàl·lics, una UPN 240 exterior i una IPN 240 a l'interior. El procés es dividirà en varies fases:

- Extreure la biga de fusta, mitjançant una serra o amb cops de martell. Degut al mal estat de la fusta no suposarà gaire esforç retirar-la.
- Apuntalar el balcó per evitar el seu enderroc mentre s'instal·la la biga d'acer.
- Dividir la biga d'acer en tres parts, col·locar-la d'esquerra a dreta i finalment soldar-la.



Figura 27 Moment en que s'està extraient la biga de fusta. Font: elaboració pròpia.



Figura 28 Fotografia on es mostra el mal estat de la biga de fusta.

Font: elaboració pròpia.



Figura 29 Perfil IPN i Perfil UPN utilitzat. Font: elaboració pròpia.

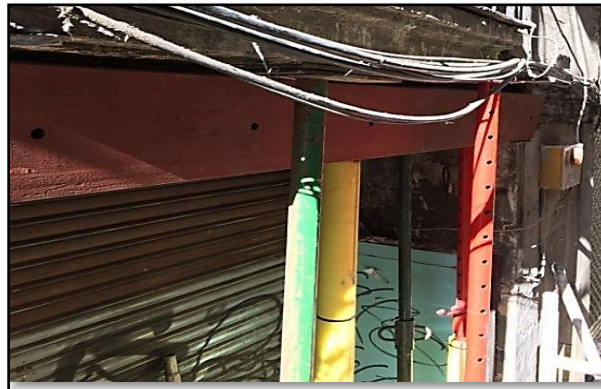


Figura 30 Col·locació de les seccions de la biga. Font: elaboració pròpia.



Figura 31 Col·locació de la biga (primera secció). Font: elaboració pròpia.



Figura 32 Biga completament introduïda. Font: elaboració pròpia.



Figura 33 Imatge final de la biga. Font: elaboració pròpia.

2. TRACTAMENT DELS PARAMENTS DE LA PEDRA

Es netejaran els paraments de pedra amb projecció de pols de silicats d'alumini a baixa pressió [1,5 a 2 kg/cm²] amb aire comprimit, projectant tangencialment per no erosionar la pedra. Es restauraran els elements de pedra natural amb aplicació de consolidant on sigui necessari o reconstruint els volums desapareguts amb morters especials.



Figura 34 Estat inicial del parament de pedra. Font: elaboració pròpia.



Figura 35 Estat final del parament de pedra. Font: elaboració pròpia.

3. TRACTAMENT DELS PARAMENTS ESTUCATS

Es proposa consolidar els paraments de calç que es puguin recuperar i repicar aquells en que és impossible la seva consolidació sanejant i reposant l'estuc mitjançant la utilització de tècniques tradicionals. Les possibles esquerdes que puguin aparèixer als murs, si són actives es repararan mitjançant regates perpendiculars a la fissura realitzats amb disc de tall cada 30- 40cm inserint barres corrugades d'acer inoxidable, grapant el mur i fixant-les amb morter de resines. En el cas d'esquerdes que no presentin ni perill i que es puguin considerar inactives es taparan únicament amb morter.

Sobre el parament sanejat s'aplicarà una capa de morter de calç fet a l'obra com a base i per regularitzar el parament. Posteriorment s'aplicarà l'estucat tradicional de morter de calç amarada i sorra de marbre amb proporció 1:3 i àrid de granulometria 8:1 amb acabat raspat. L'acabat tindrà el mateix color que l'original: Referència F1.13.48 per totes les plantes excepte la planta baixa ja que, es de pedra i referència E4.30.50 per els emmarcats.

Es procedirà al repicat de la cornisa i reconstrucció de la mateixa amb morter de calç i respectant la textura, color i volums original.



Figura 37 Estat inicial de l'arrebossat de calc. Font: elaboració pròpia.



Figura 36 Estat final del parament estucat. Font: elaboració pròpia.

4. FUSTERIES I SERRALLERIA

Es pinten les fusteries dels balcons i finestres de color marró fosc i de tots els elements metàl·lics. A la planta 5 es retiraran les caixes de persiana d'alumini i es col·locaran persianes de fusta tradicionals, com a la resta de finestres i balcons de la façana principal.

Al local de planta baixa es retirarà la persiana metàl·lica actual i se'n col·locarà una de nova.

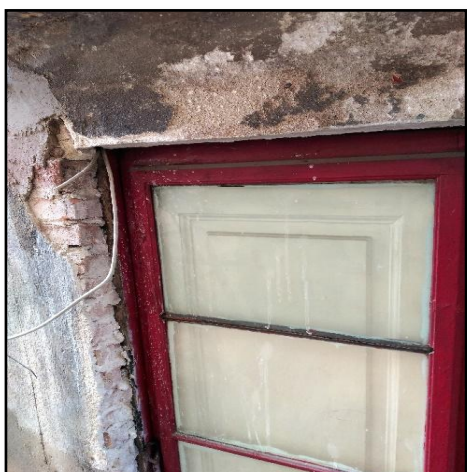


Figura 38 Estat inicial els emmarcats i fusteries. Font: elaboració pròpia.

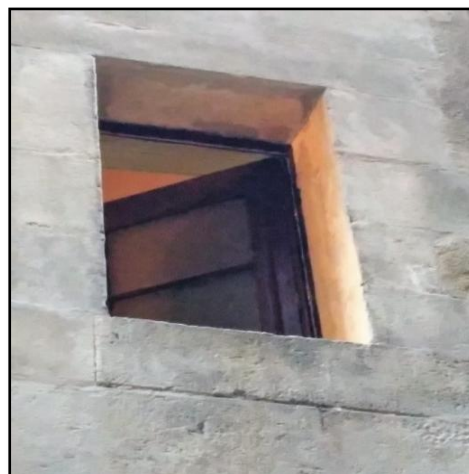


Figura 39 Estat final dels emmarcats. Font: elaboració pròpia.

5. BAIXANT TIPOGRÀFIC

Es proposa la substitució de l'actual baixant d'uralita per un baixant de zinc.

6. INSTAL·LACIONS

Es retiraran les instal·lacions de televisió que passen per façana i es derivaran pel pati de llum posterior.

7. OBERTURA DEL FORAT DE LA PORTA DE L'EDIFICI

És retirà el tancament d'obra existent sobre la porta d'accés de l'edifici per recuperar una reixa pertanyent al edifici original i substituir-lo per vidre amb un marc metàl·lic.



Figura 41 Estat inicial de l'obertura.

Font: elaboració pròpia.



Figura 40 Estat final de l'obertura.

Font: elaboració pròpia.

8. REFORÇ DEL BALCÓ

Col·locació de tirants d'acer (passamans) per darrera del balcó per reforçar-lo i evitar així, el seu bolcament. El més pràctic seria col·locar tres cartel·les sota el balcó, però l'ajuntament no ho permet ja que 'embrutaria' la façana i volen que s'aproximi el més possible al edifici original.

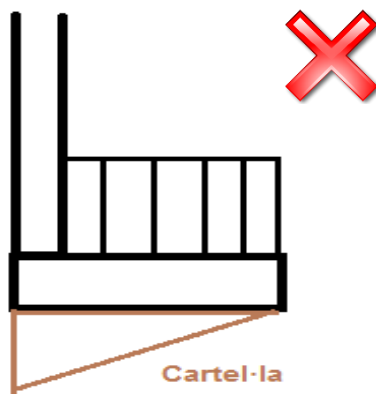


Figura 43 Forma més senzilla mitjançant cartel·les. Font: elaboració pròpia.

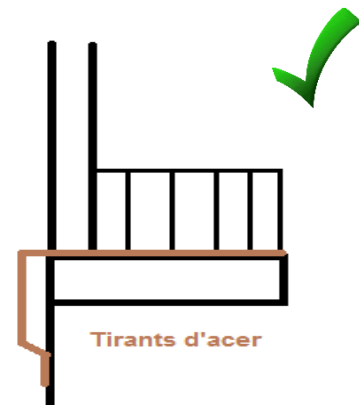


Figura 42 Imatge explicativa del reforç del balcó amb tirants d'acer. Font: elaboració pròpia.

9. REFORÇ DE LA BIGA INTERNA

Darrera de la biga de fusta que es substituirà per acer, es troba una biga interna que suporta el forjat també de fusta molt desgastada. Aquesta biga no es pot substituir per una d'acer com la anterior i s'ha decidit reforçar-la mitjançant la col·locació d'un perfil IPN 180 i a sobre un UPN 140 el qual s'omplirà de formigó autonivellant i sense retracció, es a dir, líquid per aconseguir superfície plana i evitar que disminueixi de volum al assecat-se. El perfil IPN anirà soldat a una platina que es subjectarà a la paret mitjançant tacs químics, que consisteix en fixar una barra de metall a la paret utilitzant una resina en comptes de fixar-ho mecànicament per fricció.

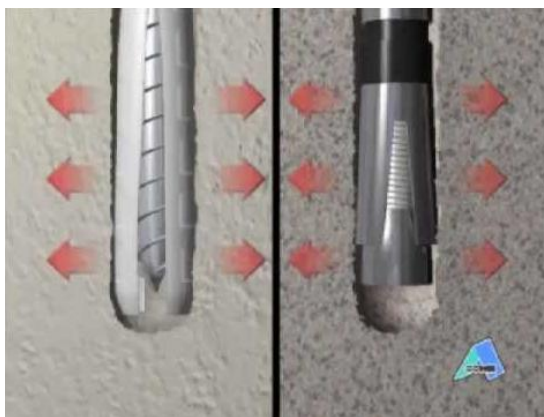


Figura 45 Imatge d'un tac normal i un tac químic.

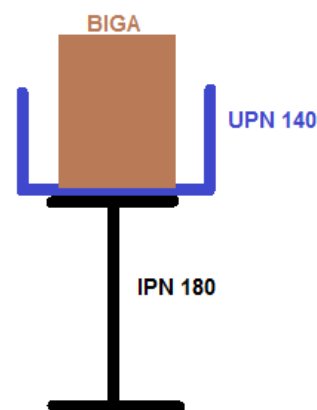


Figura 44 Imatge explicativa de com es reforçarà la biga.

8. Pressupost

8.1. Pressupost d'execució material

Unitats	Quantitat	Descripció	Import
---------	-----------	------------	--------

Unitats	Quantitat	Elements auxiliars	
m ²	100	Lloguer, durant 15 dies naturals, de bastida tabular normalitzada, tipus multidireccional fins a 10 m d'altura màxima de treball, formada per estructura tabular d'acer galvanitzat en calent, sense duplicitat d'elements verticals, fabricada complint les exigències de qualitat recollides en la norma UNE-EN ISO 9001, segons UNE-EN 12810 i UNE-EN 12811 i plataformes de treball de 60 cm d'amplada, disposades cada 2 m d'altura, amb escala interior amb trampa, barana posterior amb dues barres i entornpeu, i barana davantera amb una barra; per a execució de façana de 100 m2, aproximadament.	1.437,35 €
PA	1	Transport i retirada de de la bastida	985,00 €
			2.422,35 €

Unitats	Quantitat	Estructura	
m	4,37	Substitució de la biga de fusta existent per una UPN 240 exterior i IPN 240 interior recalçades per la part superior amb morter sense retracció i acabat superficialment amb morter de calç. Perfil ignifugats amb pintura RF-90 tipus C-THERM ENAMEL S300 de Valentine. S'inclou 1 dia de solador	2.538,00 €
PA	1	Reforç de la biga interior: 1 dia Operari, 1 dia de Manyà per soldar les peces, subministrament i col·locació de IPN180+ UPN140, platina i tacs químics.	1.850,00 €
PA	2	Reforç Balcó: subministrament i col·locació de tirants d'acer per a reforç del balcó, evitant-Se el volc.	280,00 €
			4.688,00 €

Unitats	Quantitat	Tractament de la pedra i restauració dels paraments	
m ²	50	Consolidació de l'arrebossat de calc existent en bon estat i aplicació de nou arrebossat de calç en les parts que aquesta s'ha després de la base amb un acabat raspat utilitzant el mètode tradicional.	1.530,00 €
ml	35	Rejuntat amb morter de calç de les esquerdes estructurals passives en el parament de pedra.	500,00 €
m ²	20	Neteja d'elements de pedra amb projecció de silicat d'alumini	720,00 €
ml	4,87	Reparació i reconstrucció de la cornisa superior amb morter de calç tradicional.	270,00 €
m ²	20	Neteja i/o replicat de les parts en mal estat amb arrebossat de calç segons el mètode tradicional.	1.200,00 €
ml	8	Arrencada de paviment de balcons 8ml aproximadament.	96,00 €
ml	8	Recol·locació de la resilla 8ml aproximadament.	320,00 €
PA	1	Veladures: Inclou els treballs de la veladura de la façana, dels emmarcats de les finestres i balcons, pintura de la llosa del balcó, pintura de les baranes i pintura de les fusteries dels bacons, finestres i porta d'accés a l'edifici.	4.800,00 €
			9.436,00 €

Unitats	Quantitat	Buits de façana i serralleria	
PA	1	Retirada de la caixa de la persiana de plàstic exterior del cinquè pis i de les guies corresponents.	140,00 €
PA	1	Obertura del forat original sobre la porta d'entrada a l'edifici, retirant el tancament d'obra i substituint-lo per vidre fix amb un marc metàl·lic.	618,60 €
PA	1	Nova persiana enrotllable de xapa perforada del local comercial de la planta baixa	2.750,00 €
PA	1	Espai destinat a la col·locació del rètol del local comercial	292,00 €
PA	1	Restauració de les fusteries	- €
PA	1	Restauració dels elements de serralleria	- €
			3.941,10

Unitats	Quantitat	Instal·lacions i varis	
PA	1	Substitució de l'actual baixant d'aigües pluvials de la coberta per un nou de color gris fosc.	550,90 €
PA	1	Col·locació de trenca aigües ceràmic.	350,00 €
PA	1	Pas d'instal·lacions de telecomunicacions	1.175,00 €
PA	1	Modificació de l'aire condicionat del últim pis	- €
PA	1	Subministrament i col·locació de les noves persianes d' alumini similars a les existents.	- €
			2.075,90 €
Total			22.563,35 €

Taula 16 Taules dels costos de la Rehabilitació.

Pressupost redacció projecte	
Amortització equip informàtic: 6 mesos x 100€/mes	600,00 €
Llicència autocad: 6 mesos x 120€/mes	720,00 €
Llicència office: 6 mesos x 6€/mes	36,00 €
Hores enginyera junior: 12 crèdits ECTS x 25 hores/credit x 25 €/h	7.500,00 €
Hores enginyer sènior: 20 horesx 60€/h	1.200,00 €
Impressió, encuadernació i altres	220,00 €
	10.276,00 €

Taula 17 Taula de cost de la redacció.

TOTAL PRESSUPOST= 22.563,35 + 10.276,00= 32.839,35€+IVA

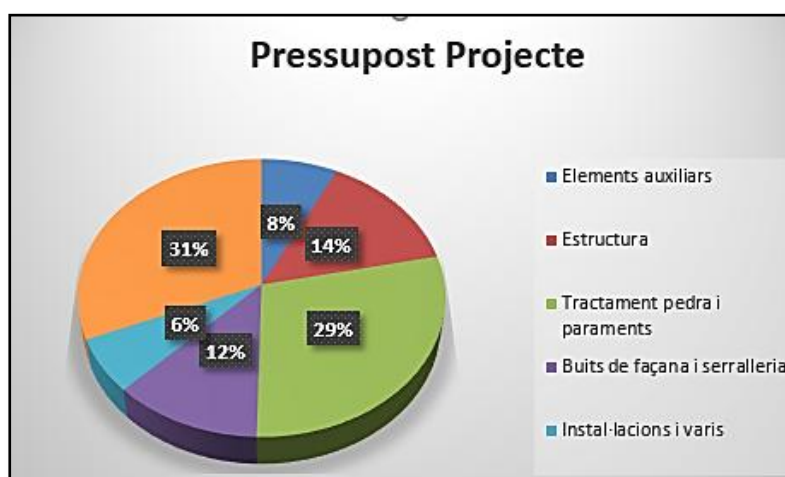


Figura 46. Diagrama pressupost del projecte.

8.2. Estudi Econòmic

En la majoria d'obres el pressupost final sempre s'acaba incrementant del seu pressupost inicial. Gairebé sempre, sorgeixen petites o grans coses que fan variar els costos de partida i fins i tot afegir algun treball de més que no estava contemplat en el projecte tècnic però que per decisió de l'arquitecte o de la comunitat, s'ha volgut o necessitat fer.

En el nostre cas el pressupost inicial era de 17.300,00€ i s'ha incrementat fins arribar a 22.563,00€. Motius d'aquest increment:

- En la substitució de la biga de fusta per la d'acer es va conèixer la existència d'una biga interna també amb molt mal estat. Es va estudiar la millor solució per reforçar-la, es va pressupostar i finalment va ser acceptada pel propietari de la obra. Aquest reforç suposa un cost de 1.850,00€.
- Es va allargar a 7 dies de més el lloguer de la bastida, per els treballs de veladura de la façana:
 - Pressupost inicial de 15 dies de lloguer de bastida: 980,00 €
 - Pressupost Final del lloguer de bastida amb 7 dies de més: 1.437,35 €
- Es va decidir reforçar el balcó mitjançant la col·locació de tirants d'acer per evitar el seu rebolcament. Cost: 280,00 €.
- Més dies de mà d'obra com el manyà o mes dies de treball d'operaris en les veladures.

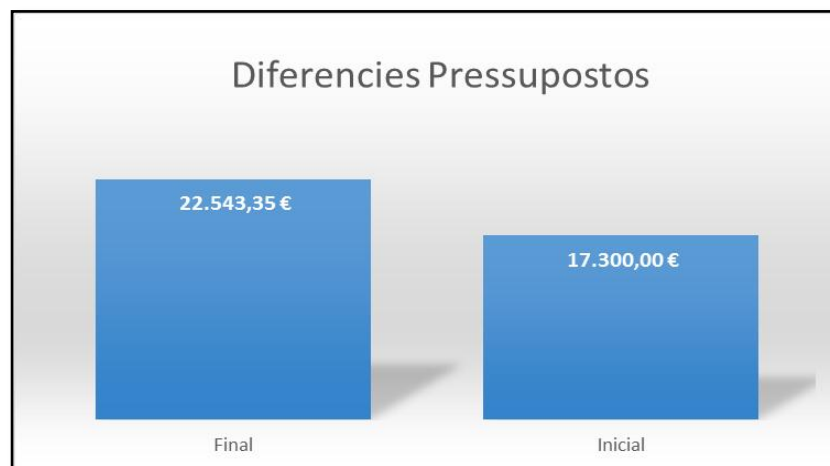


Figura 47 Diferencia dels pressupost inicial amb el final (preus sense IVA. Font: Elaboració pròpia.

9. Impacte ambiental

L'impacte ambiental és l'efecte causat per una activitat humana sobre el medi ambient.

Una de les activitats amb més impacte sobre el medi ambient són les relacionades amb el camp de la construcció. Principals causes:

- És necessiten més de 2 tones de matèries primes per cada m² d'habitatge que es construeix.
- La quantitat d'energia associada a la fabricació dels materials que componen un habitatge és molt elevada.
- La producció de residus de construcció supera la tona anual per habitant.
- La fabricació de materials de construcció comporta l'esgotament de recursos a causa de l'extracció il·limitada de matèries primeres i del consum de recursos fòssils.
- El nostre entorn natural es veu afectat per l'emissió de contaminants, degut als residus que es generen.

La reducció de l'impacte ambiental d'aquest sector se centra en tres aspectes:

- Control del consum de recursos.
- Reducció de les emissions de contaminants.
- Minimització i correcta gestió dels residus generats durant la construcció.

Control del consum de recursos.		Solucions
Recursos no renovables	La majoria de materials utilitzant durant la edificació són àrids, que deriven principalment del petroli per tan són recursos no renovables.	Reciclar els materials i reutilitzar-los en noves obres d'urbanització.
Aigua	Aigua per a la fabricació i elaboració dels materials durant l'etapa de construcció.	Actuar amb responsabilitat en aquelles operacions que necessiten aigua, com per exemple durant la fabricació de formigó, de morters i d'altres pastes, entre altres
Energia	Energia necessària per la fabricació dels materials utilitzats en l'edificació, per a la il·luminació en l'obra o per posar en funcionament la maquinària específica (electricitat, gasoil per determinats motors, etc.)	Aprofita adequadament els materials, optimitzar el transport i l'ús de maquinària.

Taula 18 Causes i solucions del control del consum de recursos.

Reducció de les emissions de contaminants.		Solucions
Aire	<p>Els processos de combustió de recursos no renovables, produeixen emissions de CO₂ a l'atmosfera que provoca el efecte hivernacle.</p> <p>També durant les obres de construcció es desprèn molt de pols i deteriora la qualitat ambiental del territori.</p>	<p>Comprar productes menys perjudicials per al medi ambient en el cas de pintures i dissolvents.</p> <p>Treballar en zones ventilades durant les tasques de pintat, tall...</p> <p>Regar aquelles zones amb més pols per evitar que s'aixequi, entre d'altres mesures.</p>
Agua	<p>Les emissions a l'aigua en les obres de construcció solen estar provocades durant les tasques de neteja.</p>	<p>Utilitzar mitjans de depuració o decantació de partícules sòlides per millorar la qualitat de l'aigua residual.</p> <p>Subcontractar empreses que assegurin una millor gestió dels residus.</p>
Sòl	<p>L'emissió de substàncies contaminants al sòl (aigües de neteja, productes perillosos...) pot provocar la filtració de substàncies contaminants fins a les aigües freàtiques que alimenten els nostres dipòsits d'aigua potable o xarxes de reg.</p>	<p>Realitzar un control per limitar al màxim l'abocament de productes que poden perjudicar al sòl.</p>

Taula 19 Causes i solucions de la reducció de les emissions de contaminants.

Minimització i correcta gestió dels residus generats durant la construcció.	Solucions
Els residus de les obres de construcció poden tenir diferents orígens: en la mateixa obra, per condicions de magatzematge inadequades, durant la manipulació de productes..., que generen residus que poden danyar el medi ambient.	Minimitzar l'ús de matèries i recursos necessaris.
	Reutilitzar materials.
	Destinar a centrals d'incineració aquells residus que puguin servir de combustible per a la producció d'energia.

Taula 20 Causes i solucions en la gestió dels residus.

Per concloure, es pot confirmar la necessitat d'aplicar criteris de construcció sostenibles son cada vegada més imprescindibles per al medi ambient i el desenvolupament de les societats actuals i futures.

Conclusions

La obra s'ha completat sense cap accident i s'ha recuperat la façana que tenia l'edifici originalment, que era un dels principals objectius. Es va finalitzar però, 15 dies més tard del que estava previst, ja que, durant el procés de reforma es va conèixer l'existència d'una altra biga amb mal estat i es va haver de pensar una solució per reforçar-la, pressupostar-la i executar-la. També finalment es va optar fer ús de les veladures fet que va augmentar aquest endarreriment.

S'ha fet un bon estudi del CTE, especialment d'aquells documents bàsics que eren d'interès per al nostre treball com son: **DB SE-AE**, **DB SE-A**. Amb la informació obtinguda d'aquests documents s'ha calculat les càrregues que suporta la biga i aplicat el mètode d'estats límits.

En quan al tema estructural s'ha comprovat que el perfil de biga seleccionat satisfà els criteris de resistència i de rigidesa.

És necessari destacar la importància que adquireix la tecnologia informàtica com a eina de treball. Avui en dia, pràcticament tots els càlculs estructurals els realitzen programes informàtics. S'ha pogut fer un bon ús del programa que proporciona la universitat (Estruwin3D), que et permet dissenyar una biga qualsevol i realitzar els càlculs i representar les solucions amb diferents visualitzacions d'una forma molt senzilla i intuïtiva.

Es pot observar que s'han calculat adequadament els moments mitjançant el teorema de Cross ja que s'obtenen valors aproximats amb els obtinguts mitjançant el programa.

Amb aquest treball m'he introduït una mica en món de la construcció i he pogut apreciar tot un procés de reforma des de el seu inici, fins el seu estat final i observar com treballaven i la funció i importància de totes les persones que han participat en aquesta obra.

Amb aquest treball s'ha posat en pràctica, i perfeccionat els coneixements rebuts durant el grau. Especialment els específics de la branca d'Estructures i Construcció.

Agraïments

Voldria agrair a l'empresa TRC per haver-me donat totes les facilitats per aconseguir realitzar aquest treball. En especial al cap d'obra Francisco Cobos i l'arquitecte Oleguer Gelpí, que m'han permès participar i estar present en cadascuna de les visites d'obra per anar observant els progressos des de l'inici fins al final de la rehabilitació.

També agrair al meu tutor Oscar Alquézar i al professor Josep Maria Ponts per al temps dedicat en aquest treball.

I per acabar m'agradaria agrair als meus companys d'universitat, del col·legi, de l'empresa Cellnex i sobretot a la meva família Puigdelloses Vallcorba per recolzar-me durant aquest grau en enginyeria en tecnologies industrials.

Bibliografia

- [1] XTEC- Xarxa telemàtica educativa de Catalunya. El modernisme. [<http://www.xtec.cat/trobada/modernis/modernis.htm>] Accés 25 de febrer.
- [2] SCRIPTA NOVA Revista electrònica de geografia i ciències socials. Universitat de Barcelona: Vol. XV, núm. 371, 10 d'agost de 2011. [<http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-371.htm>] Accés 25 de febrer.
- [3] ARQHYS. Portal arquitectura, construcció i decoració. [<http://www.arqhys.com/>] Accés 2 Març.
- [4] INGEMECANICA. Estudi y clasificació dels acers. [<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn101.html#introduccion>] Accés 5 de Març.
- [5] Ministeri d'habitatge, REAL DECRET 314/2006, de 17 de març, CTE. Codi Tècnic d'Edificació. Capítul 3. Exigències bàsiques. [http://adober.es/pdf/documentos/CTE_Parte_1_marzo_2006.pdf] Accés 10 de Març.
- [6] Ministeri d'habitatge, REAL DECRET 314/2006, de 17 de març, Codi Tècnic d'Edificació, CTE. Estructura i continguts del Codi Tècnic de la Edificació. [<http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-que-cte/estructura-contenidos>] Accés 10 Març.
- [7] Ministeri d'habitatge, REAL DECRET 314/2006, de 17 de març, Codi Tècnic d'Edificació, CTE. Document Bàsic SE seguretat estructural. [<http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE.pdf>] Últim accés 10 de Juny.
- [8] Ministeri de Vivenda, REAL DECRET 314/2006, de 17 de març, Codi Tècnic d'Edificació, CTE. Document Bàsic SE-AE. Accions en l'edificació. [<http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-AE.pdf>] Últim accés 10 de Juny
- [9] Ministeri de Vivenda, REAL DECRET 314/2006, de 17 de març, Codi Tècnic d'Edificació, CTE. Documento Básico SE-F. Fàbrica. [<http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-F.pdf>] Últim accés 10 de Juny.

- [10] Ministeri d'habitatge, REAL DECRET 314/2006, de 17 de març, Codè Tecnic d'Edificació, CTE. Document Bàsic SE-A. Acer.
[<http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-A.pdf>]
Últim accés 10 de Juny.
- [11] CROSS. Apunts UPC que proporciona la universitat. Autors: Frederic Marimon Carvajal i Josep Maria Pons Poblet.
- [12] Prismàtic. Resistència de Materials UPC. Autors: M. Magdalena Pastor Artigues i Francesc Roure Fernández. [<http://www.rmee.upc.edu/prismatic/inici.htm>] Accés 5 de Maig.
- [13] Grupo CELSA, Catàleg d'acers. [<http://www.fnb.upc.edu/mecanica/s11-pw/Prontuario%20-%20Perfiles%20Laminados.pdf>] Accés 22 de Març.
- [14] Oleguer Gelpí, projecte de restauració de la façana de l'edifici. Projecte de referència.
- [15] Diccionari visual de la Construcció. Generalitat de Catalunya, departament de territori i sostenibilitat.
[http://territori.gencat.cat/ca/01_departament/11_normativa_i_documentacio/03_documentacio/general/terminologia_tecnica/diccionari_visual_de_la_construccio] Accés 12 de Juny.

